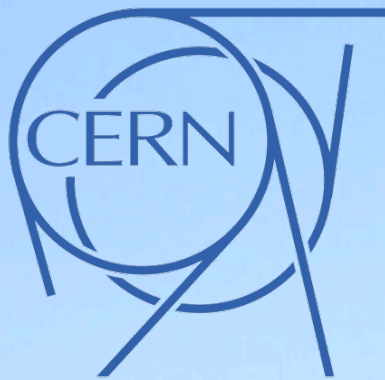


CERN



Daniel Valúch, CERN
daniel.valuch@cern.ch

CERN

- Európska organizácia pre jadrový výskum
- Najväčšie laboratórium pre fyziku vysokých energií na svete
- Založený v roku 1954 dvanástimi európskymi štátmi, v súčasnosti má 20 členských štátov
- Členské štáty financujú rozpočet a podieľajú sa na chode organizácie

CERN – základné fakty

- Základný výskum v oblasti štruktúry hmoty a fyziky vysokých energií
- Medzinárodné prostredie, vyše 100 národností
- ~ 2 500 interných zamestnancov (vedci, inžinieri, fyzici, technici)
- ~ 8 000 „užívateľov“ – fyzici, vedci, inžinieri, technici z 530 externých univerzít, laboratórií a inštitútov
- V CERNe pracuje alebo s ním spolupracuje polovica svetových časticových fyzikov

CERN – základné fakty

- CERN je medzinárodná organizácia s diplomatickým statusom
- Spolu 9 bežiacich a experimentálnych urýchľovačov
- Areál CERNU má 200 hektárov, rozkladá sa na hranici medzi Švajčiarskom a Francúzskom
- Celkový odber elektrickej energie ca. 200 - 250 MW

CERN – základné fakty

- Každý urýchľovač v CERNe bol v svojej dobe najväčší a najvýkonnejší na svete
- 3 Nobelove ceny
 - 1968 Charpac, prvé elektronické detektory
 - 1983 Rubbia, Simon van der Meer, W a Z bozóny
 - 1988 Steinberger, popis doubletovej štruktúry leptónov a muonového neutrína
- Súčasnou vlajkovou loďou CERNu je
LHC – Large Hadron Collider

CERN – základné fakty

- Ročný rozpočet ca. 1,2 miliardy CHF (890 miliónov EUR, alebo 22 miliárd Kč)
 - Slovenský príspevok v roku 2009: 0,54% (3,8 mil. EUR)
 - Český príspevok v roku 2009: 1,15% (231 mil. Kč)

... z toho účet za elektrinu ca. 80 miliónov Eur (2 miliardy Kč)

Poslanie CERNu

- **Výskum**
 - Základný výskum v oblasti štruktúry hmoty a fyziky vysokých energií
- **Technológie**
 - Posúvanie hraníc súčasných technológií
- **Medzinárodná spolupráca**
 - Spolupráca národov na obrovských vedeckých projektoch
- **Šírenie vzdelania**
 - Tréning, vzdelávanie a príprava budúcich vedcov

Slováci a Česi v CERNe

Slováci (108)

	COMT	ENTC	FELL	STAF	TECH	UPAS	USER
BE		<u>3</u>		<u>1</u>			
DGS				<u>2</u>			
EN						<u>1</u>	
GS		<u>1</u>		<u>3</u>			
IT			<u>2</u>	<u>4</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	
PH			<u>2</u>	<u>3</u>		<u>4</u>	<u>78</u>
TE				<u>1</u>			
	<u>2</u>						
Grand Total:	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>14</u>	<u>1</u>	<u>6</u>	<u>78</u>

Česi (199)

	CASS	COMT	DOCT	ENTC	FELL	PDAS	PJAS	STAF	UPAS	USER
BE								<u>1</u>		
DG				<u>1</u>				<u>1</u>		
EN			<u>1</u>		<u>2</u>					
GS					<u>1</u>					
IT					<u>1</u>			<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
PH	<u>1</u>		<u>2</u>		<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>		<u>174</u>
TE								<u>2</u>		
		<u>3</u>								
Grand Total:	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>6</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>6</u>	<u>1</u>	<u>176</u>

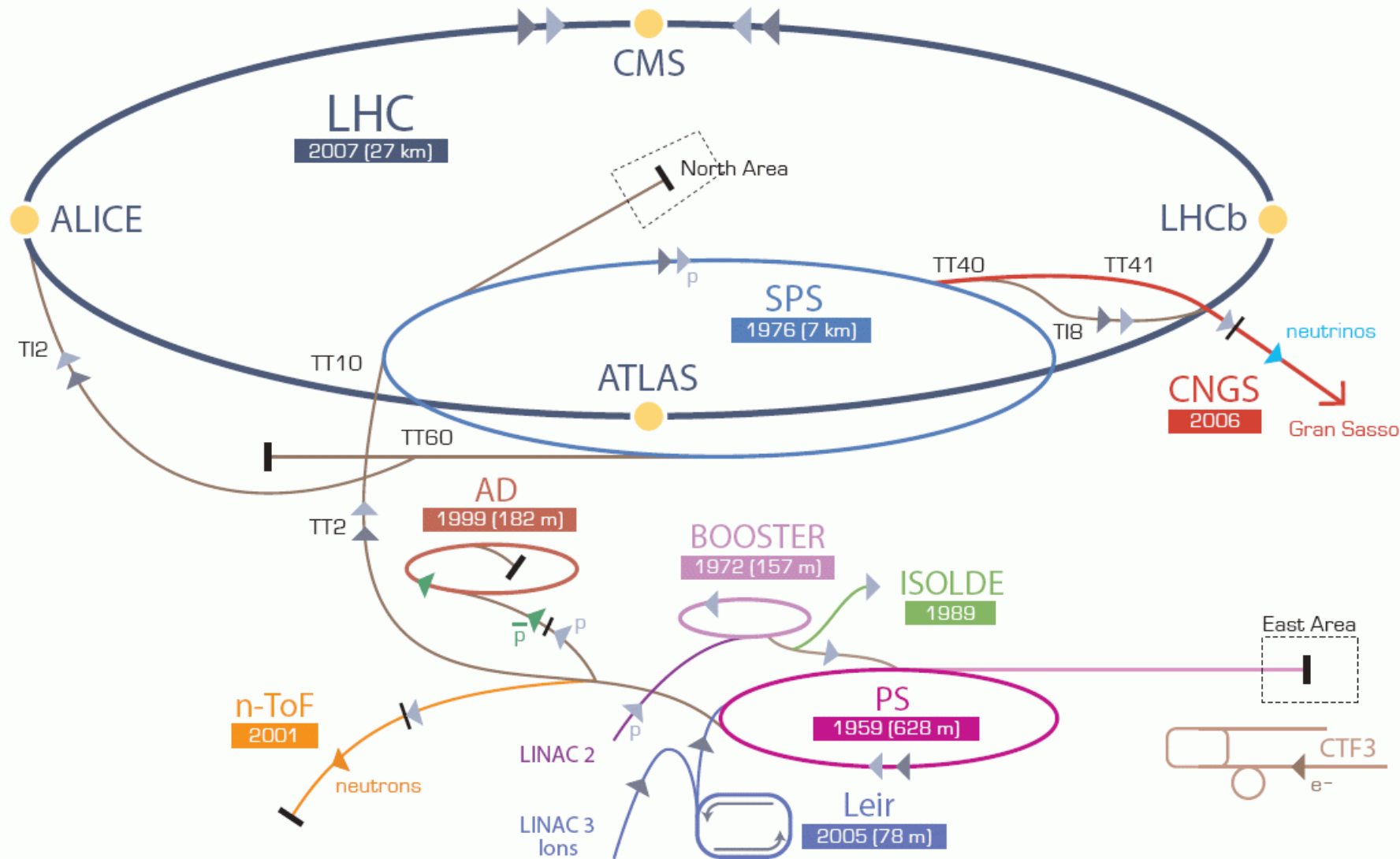
Urýchľovače v CERNe

- Urýchľovače častíc sú základným nástrojom fyzikov pri štúdiu štruktúry hmoty
- Pomocou hmoty a veľkého množstva energie je možné vyrobiť exotické častice alebo formy hmoty ktoré sa vo vesmíre vyskytovali len veľmi krátko po veľkom tresku
 - Exotické formy hmoty
 - Ťažké častice
 - Kvark-gluónová plazma
 - Antihmota atď.

Urýchľovače v CERNe

- Spolu 9 bežiacich a experimentálnych urýchľovačov
- Urýchľujú protóny, ióny olova a elektróny
- Výroba antiprotónov
- Výroba vyše 600 izotopov 70-tich prvkov

Komplex bežiacich urýchľovačov v CERNE



▶ p [proton] ▶ ion ▶ neutrons ▶ \bar{p} [antiproton] ▶ \leftrightarrow proton/antiproton conversion ▶ neutrinos ▶ electron

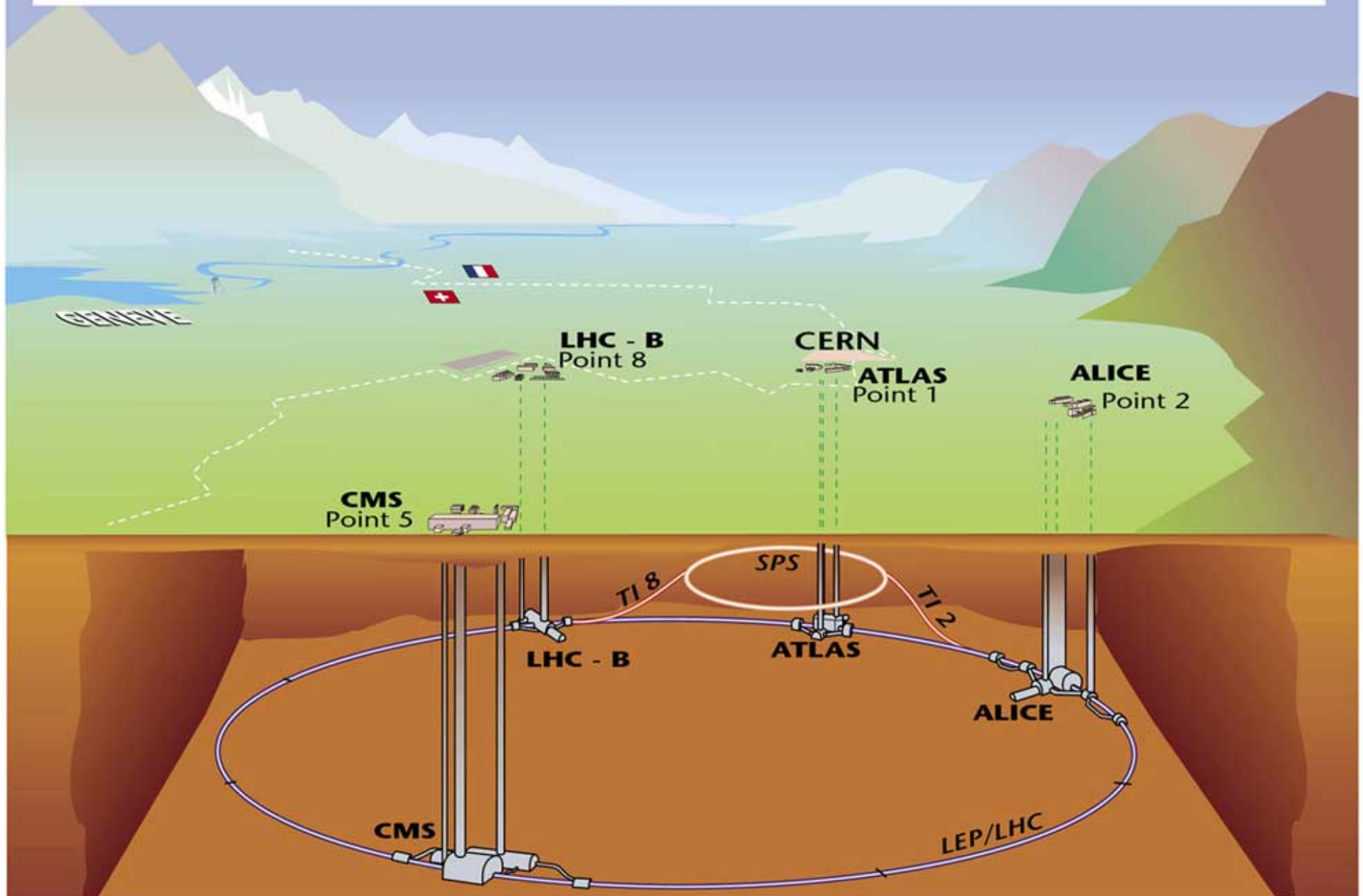
LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron

AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice

LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINEar ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight



Overall view of the LHC experiments.



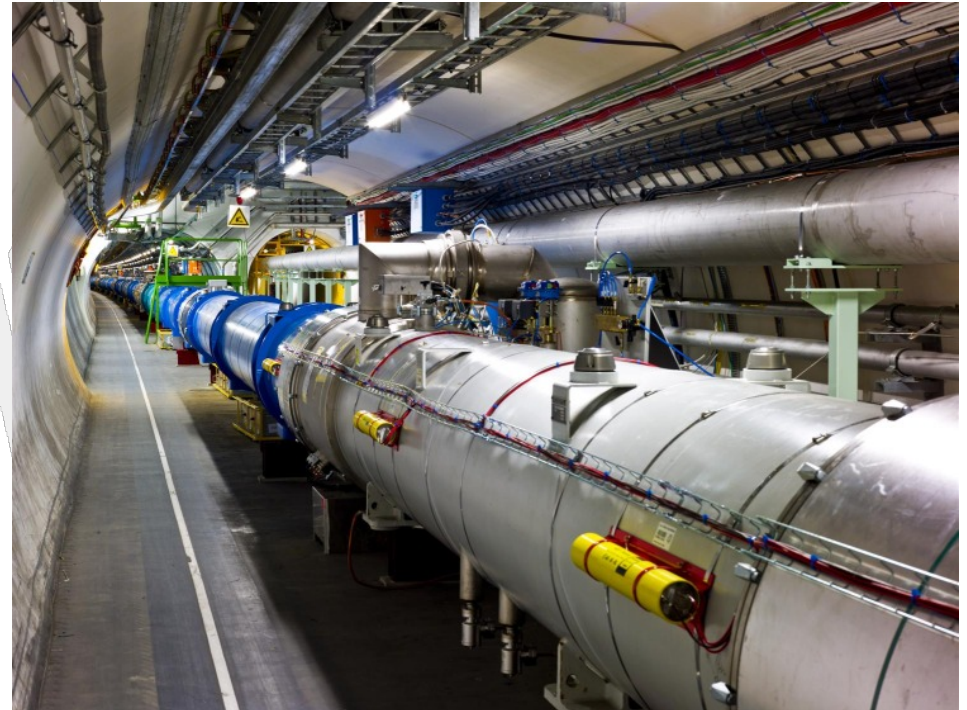
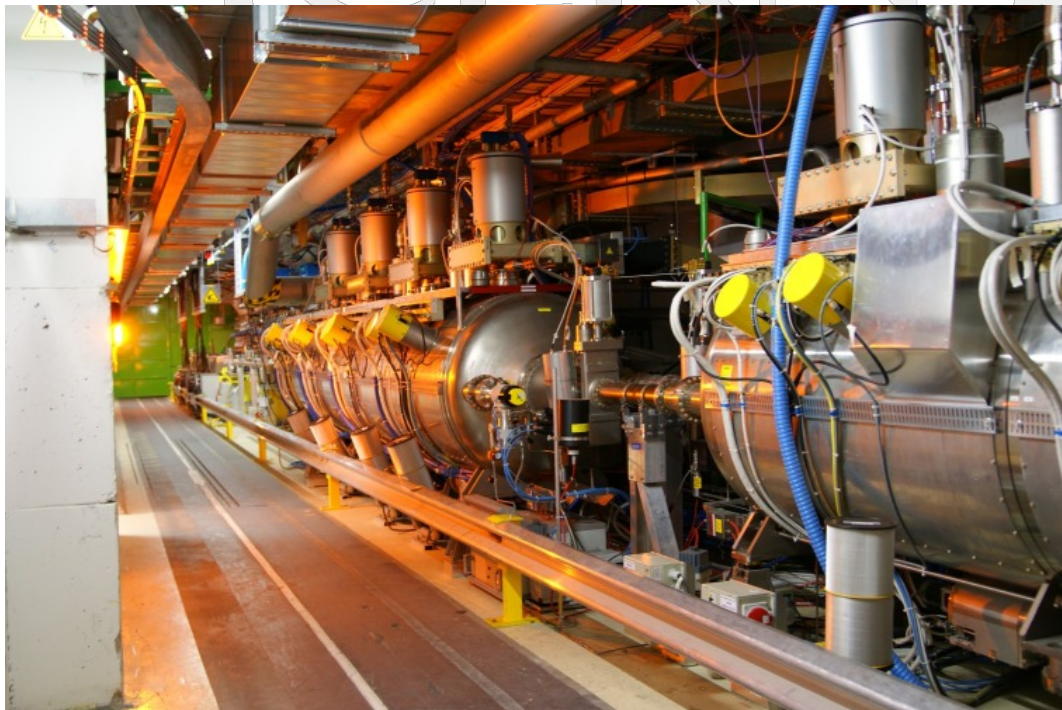
Ako funguje urýchľovač častíc

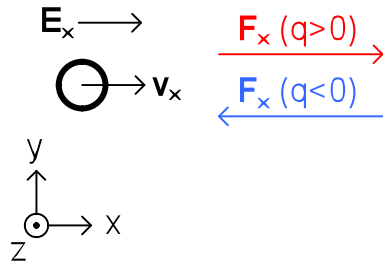
- Pohyb nabitej častice v elektromagnetickom poli
- Ako funguje urýchľovač častíc
- Základné typy urýchľovačov

Pohyb nabitej častice v elmag. poli

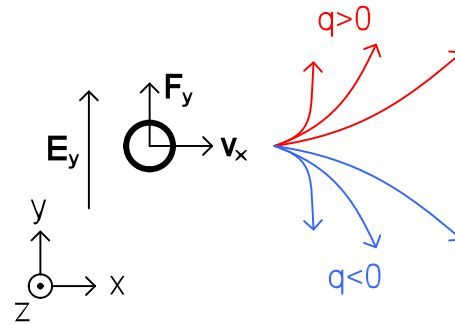
- Ak sa nabitá častica pohybuje v elektrickom alebo magnetickom poli pôsobí na ňu Lorentzova sila

$$\vec{F} = q \left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} \right)$$



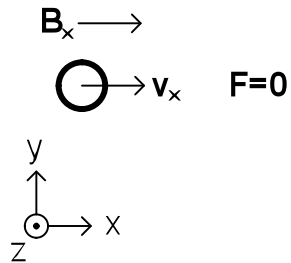


Elektrické pole paralelné s vektorom rýchlosti častice. Častica sa urýchľuje a nabera energiu.

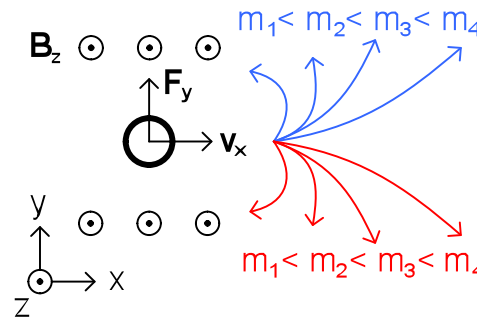


Elektrické pole zakrivuje dráhu častice a zároveň mení veľkosť vektora rýchlosti. Trajektória častíc s vyšším nábojom a nižšou hmotnosťou sa zakrivuje viac ako s nižším nábojom/vyššou hmotnosťou.

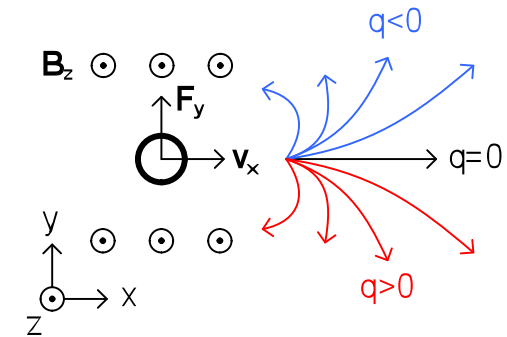
$$\vec{F} = q (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$



Magnetické pole paralelné so smerom pohybu častice. Výsledné silové pôsobenie je nulové

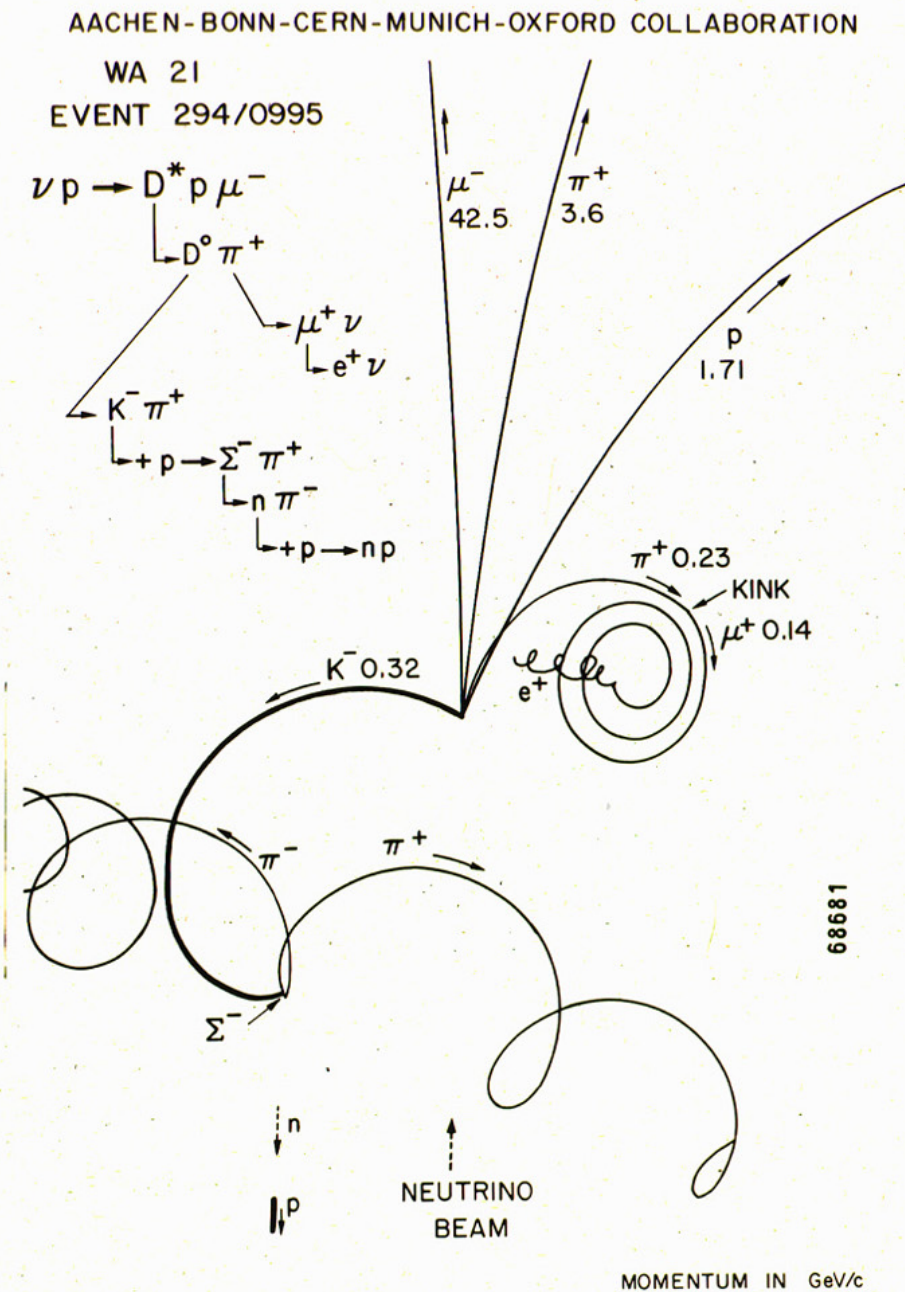
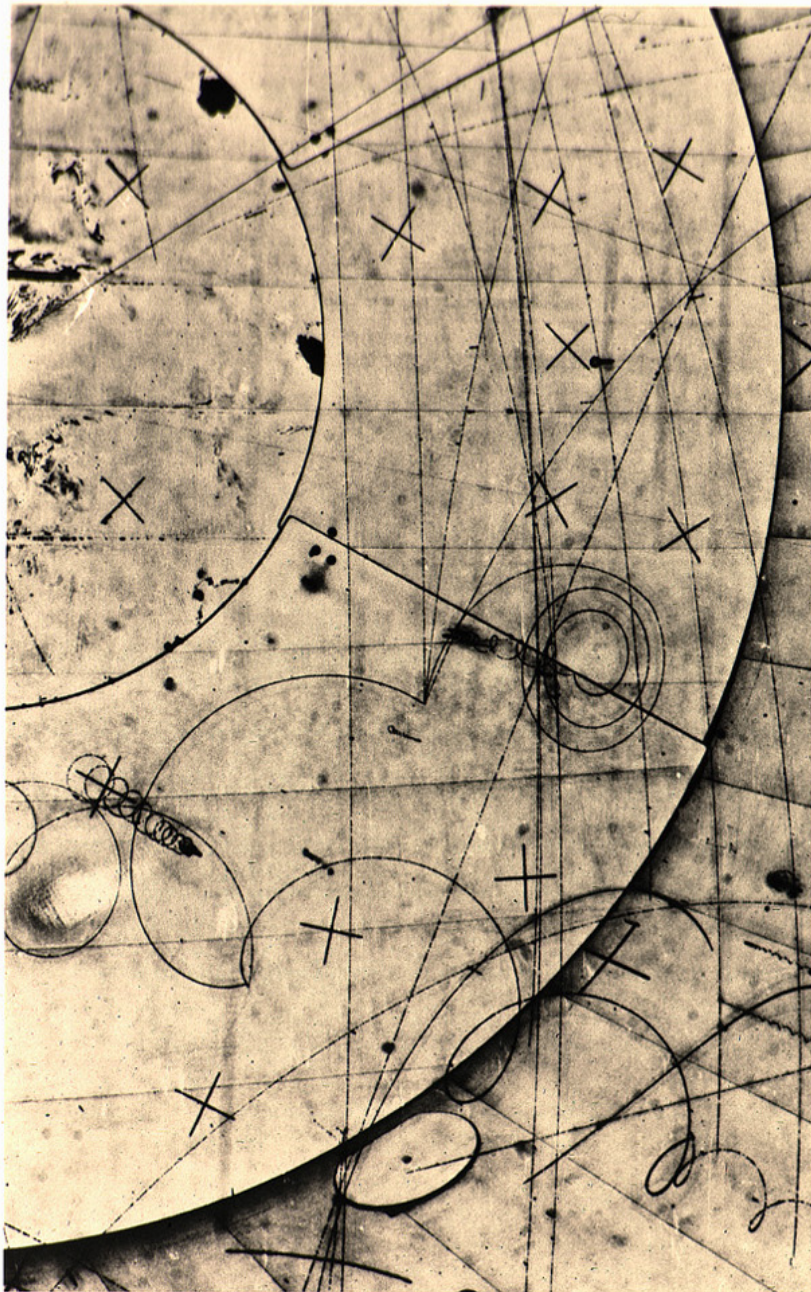


Magnetické pole kolmé na smer pohybu častice. Dráha častice sa zakrivuje ale veľkosť vektora rýchlosti sa nemení. Trajektória ľahších častíc sa zakrivuje viac ako ťažších.



Magnetické pole kolmé na smer pohybu častice. Dráha častice sa zakrivuje ale veľkosť vektora rýchlosti sa nemení. Trajektória častíc s vyšším nábojom sa zakrivuje viac ako s nižším.

Príklad pohybu častíc v magnetickom poli. Záber z bublinovej komory (CERN, ~1970)



Pohyb nabitej častice v elmag. poli

- Silou pôsobiacou na časticu „vytvarujeme“ jej dráhu ($E=0$, $B \perp v$)

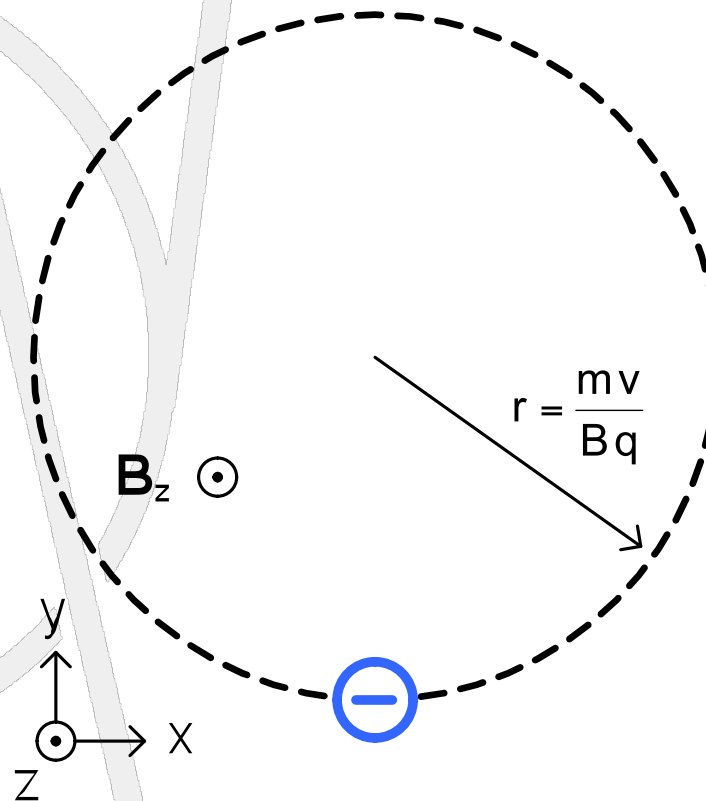
$$F_{\text{dostredivá}} = F_{\text{Lorentzova}}$$

$$\frac{mv^2}{r} = Bqv$$

$$\frac{v}{r} = \omega = \frac{Bq}{m}$$

Polomer obehu častice s nábojom q v magnetickom poli s intenzitou B , hmotnosťou m a rýchlosťou v

$$r = \frac{mv}{Bq}$$



Magnetické pole zakrivuje dráhu častice. Ak je intenzita poľa konštantná a častica má konštantnú energiu vykonáva pohyb po kruhovej dráhe.

Pohyb nabitej častice v elmag. poli

- Konkrétne príklady z existujúcich urýchľovačov
- SPS @ 450 GeV, polomer ohybu $r_{\text{mag}} = 740 \text{ m}$
 $B \sim 1,3 \text{ T}$
- LHC @ 7 TeV, polomer ohybu $r_{\text{mag}} = 2800 \text{ m}$
 $B \sim 8,5 \text{ T}$

Rýchlosť alebo energia?

- Už aj v malých urýchľovačoch sa častice pohybujú veľmi rýchlo, takže sa musíme zaoberať relativistickými efektami
 - Maximálna dosiahnuteľná rýchlosť (vo vákuu) je c
 - So zvyšovaním rýchlosti rastie hmotnosť objektu $m = \gamma m_0$ (pre $v \rightarrow c$ $m \rightarrow \infty$)
 - Aby hmotný objekt dosiahol c museli by sme mu dodať nekonečné množstvo energie ($E=mc^2$, $m \rightarrow \infty$)
 - Dilatácia času $\Delta t = \gamma \Delta t_0$ (časový interval medzi dvoma udalosťami v pohyblivej vzťažnej sústave sa pre pozorovateľa v nepohyblivej sústave zväčší faktorom γ)

Lorentzov faktor

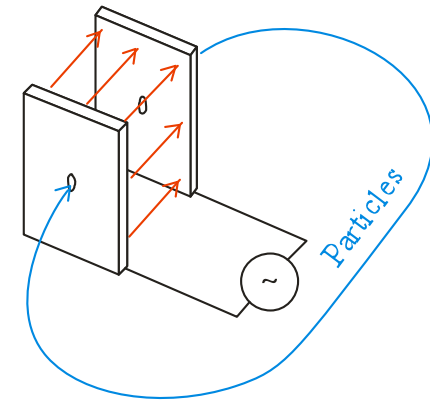
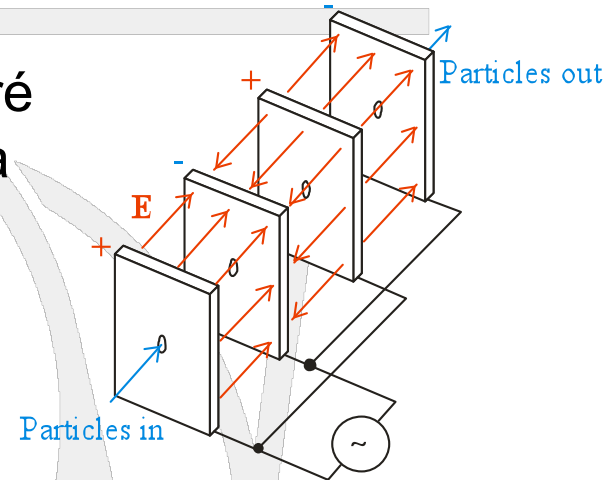
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Rýchlosť alebo energia?

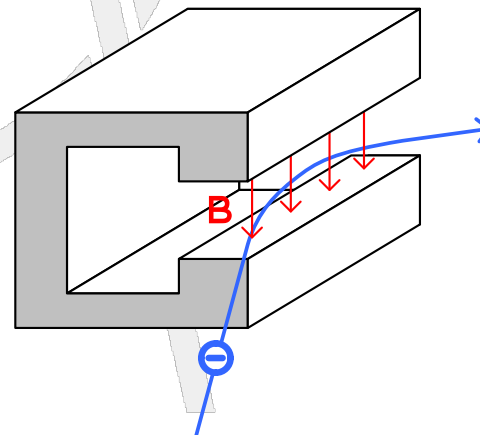
v (m/s)	$\beta = v/c$	γ	
30	0.0000001	1.00000000000000000000000000000000	Auto @ 100 km/h
240	0.0000008	1.00000000000003	Lietadlo @ 700 km/h
3897	0.000013	1.00000000008	Satelity GPS @ 13910 km/h
2997925	0.01	1.00005	
29979246	0.1	1.005	
86939813	0.29	1.045	e- televízna obrazovka (25 keV)
92935662	0.31	1.052	p Linac 50MeV
149896229	0.5	1.155	
269813212	0.9	2.294	
275809061	0.92	2.552	p PS @ 1.4 GeV
281804911	0.94	2.931	e- 1 MeV
296794533	0.99	7.089	
299432707	0.9988	20.42	e- 10 MeV
299492666	0.999	22.37	
299582603	0.9993	26.73	p SPS @ 26 GeV
299762479	0.9999	70.71	
299789460	0.99999	223.6	
299791798	0.9999978	476.7	p LHC @ 450 GeV
299792158	0.999999	707.1	
299792428	0.9999999	2236	
299792455	0.99999999	7071	
299792455	0.999999991	7454	p LHC @ 7 TeV
299792457.70	0.999999999	22361	
299792457.97	0.9999999999	70711	
299792458.00	0.99999999999	223607	e- LEP @ 100 GeV

Ako funguje urýchľovač častíc

- Potrebujeme elementy ktoré zväzok urýchľujú (pozdĺžna rovina)



... a elementy ktoré tvarujú jeho dráhu a priečnu veľkosť (priečna rovina)



Ako funguje urýchľovač častíc

- Najjednoduchších urýchľovačov elektrónov sme mali ešte donedávna doma hneď niekoľko...

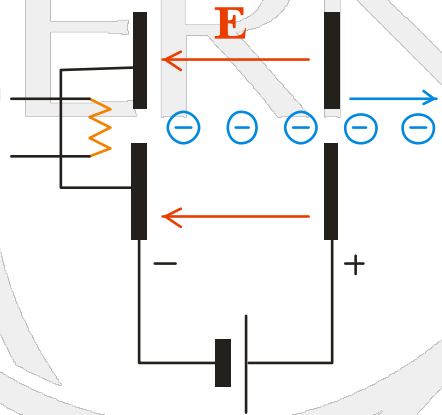
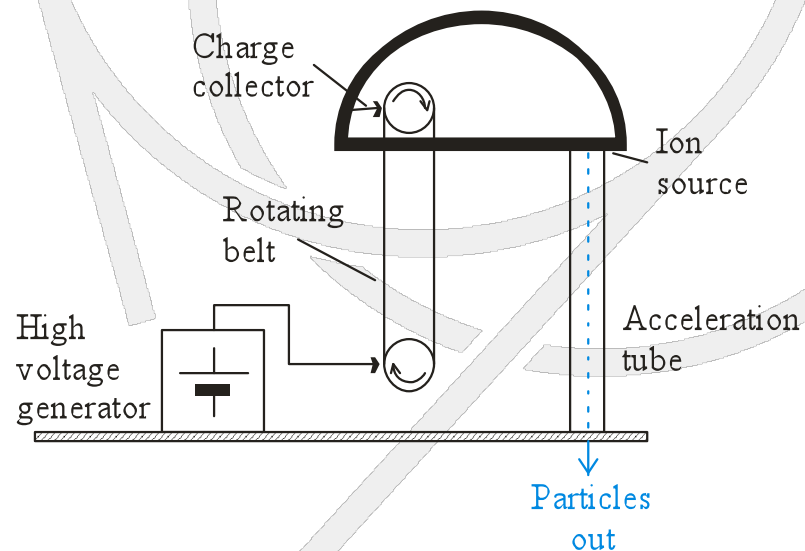


Foto: Internet

Ako funguje urýchľovač častíc

- Mechanický generátor vysokého napätia
- Van de Graaff generátory
- Tandemové VDG



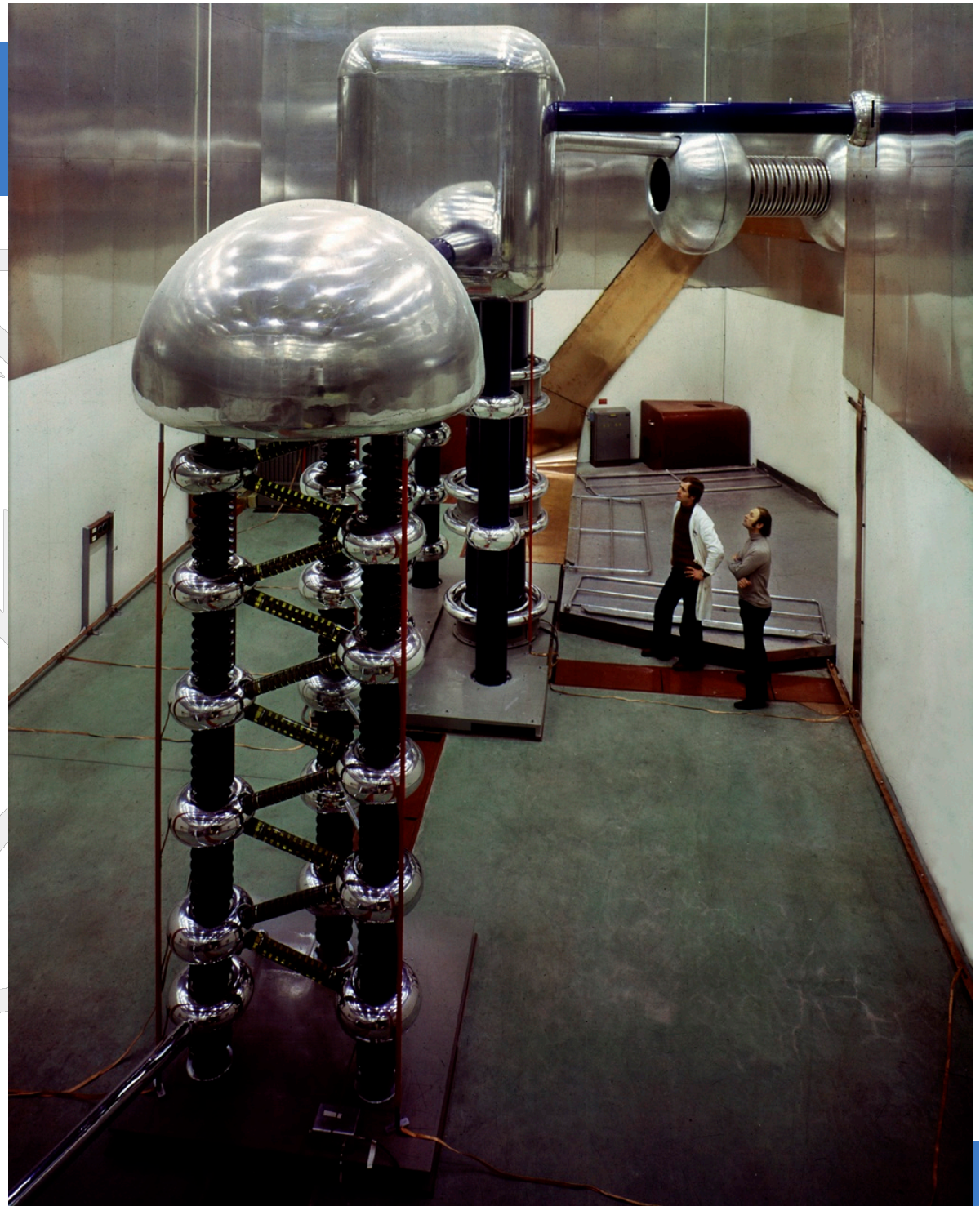
THE GENERATOR IN THE HANGAR AT ROUND HILL

©MIT Museum All rights reserved

Foto: Internet

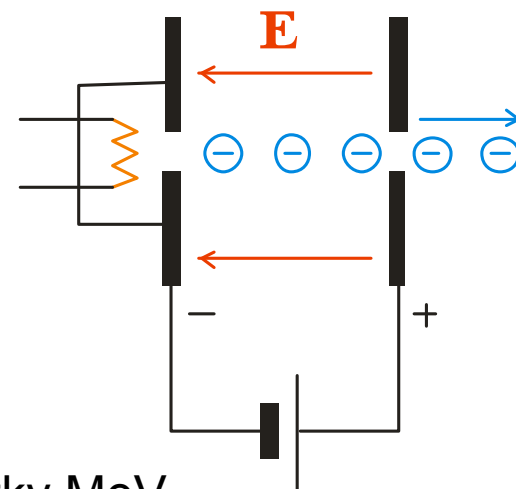
Cockcroft-Walton generator for Linac 2 (CERN)

Its higher voltage of 750 kV, compared to the 520 kV Cockcroft-Walton of Linac 1, contributed to the higher current that Linac 2 could deliver. The cubic container houses the electronics. The ion-source, in the spherical container, delivered protons and, for tests, also deuterons. In 1993 an RFQ replaced it as Linac 2 preinjector.



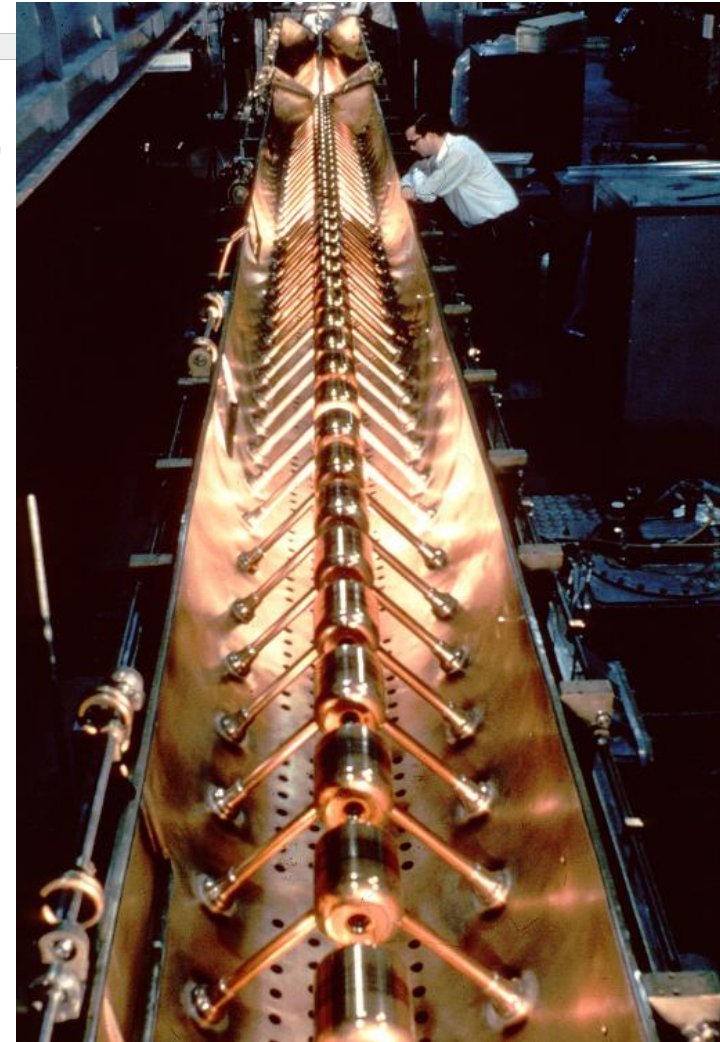
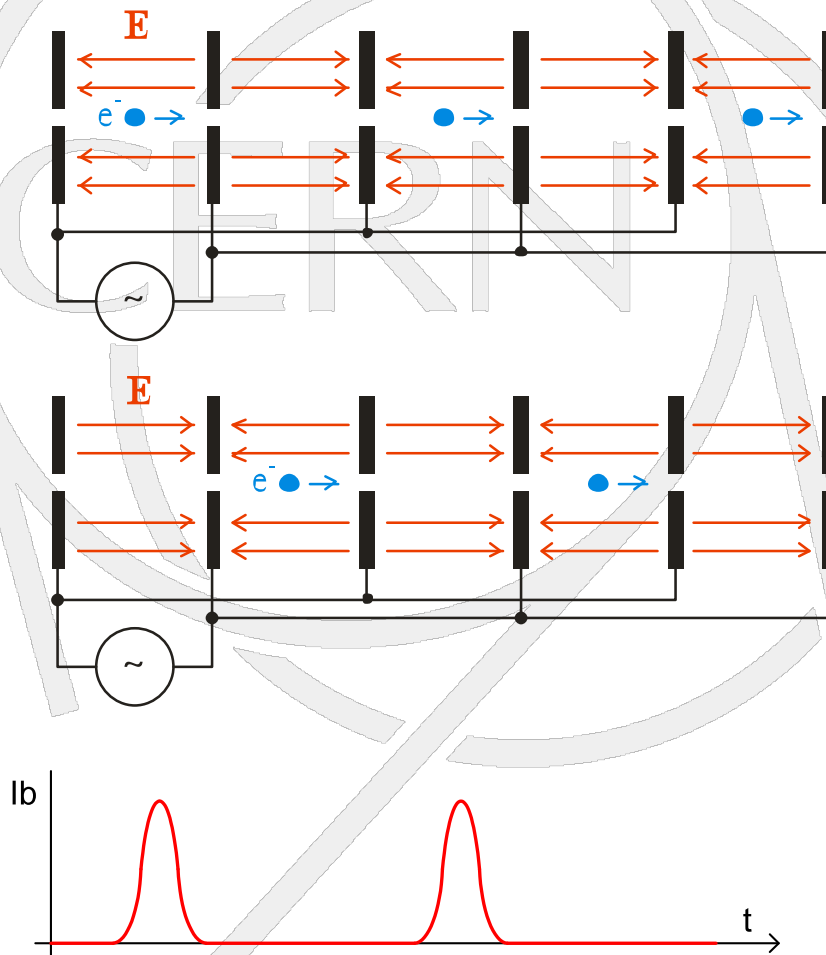
Ako funguje urýchľovač častíc

- Urýchľovanie jednosmerným napätím
 - Urýchľovacia štruktúra sa dá využiť len raz na jeden prelet častíc
 - Jednoduchá konštrukcia, dosahujú sa ale len nízke energie (100-vky keV)
 - Vyššie energie Van de Graaf generátor, až 10-tky MeV
 - Generuje kontinuálny zväzok
 - Takmer nulový rozptyl energie častíc, vysoké intenzity, veľmi kvalitné zväzky
- Využitie: elektronika, povrchové úpravy, sterilizácia, priemysel, zdravotníctvo
- V súčasnosti už len limitované využitie pre fyziku vysokých energií



Ako funguje urýchľovač častíc

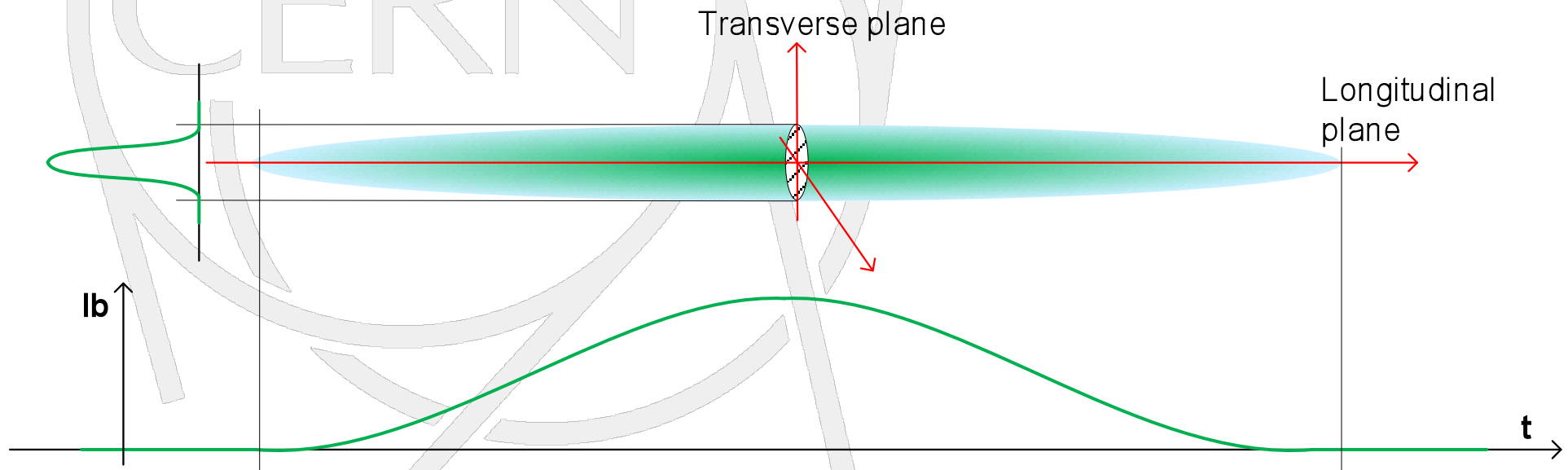
- Urýchľovanie striedavými EM poľami



<http://preprints.cern.ch/cgi-bin/setlink?base=PHO&categ=photo-ac&id=6808042>

Ako funguje urýchľovač častíc

- Aby princíp fungoval, urýchľovaný zväzok musí byť „nasekaný“ na časovo izolované zhluky, tzv. bunch-e



Ako funguje urýchľovač častíc

- Urýchľovanie striedavými elm poľami

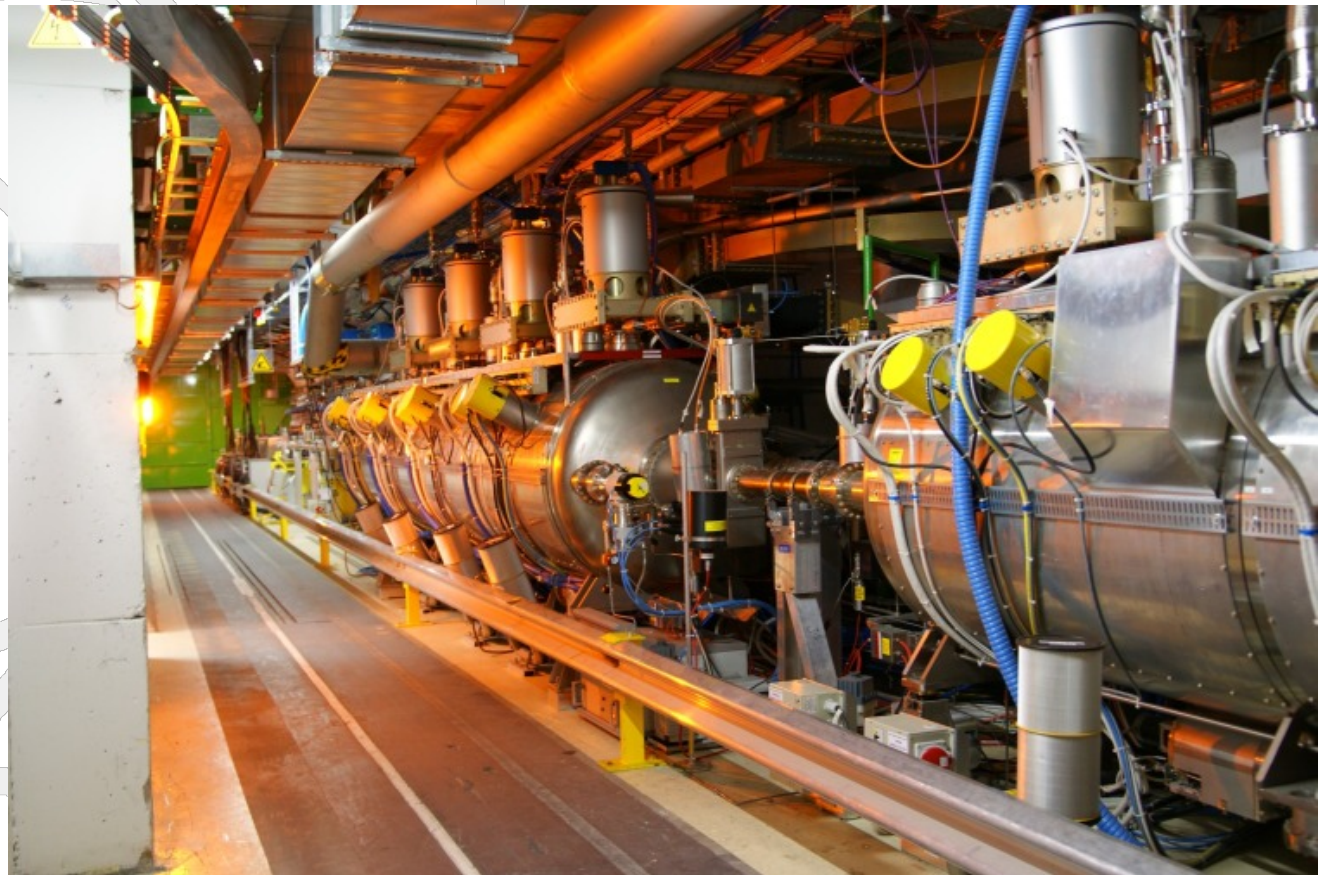
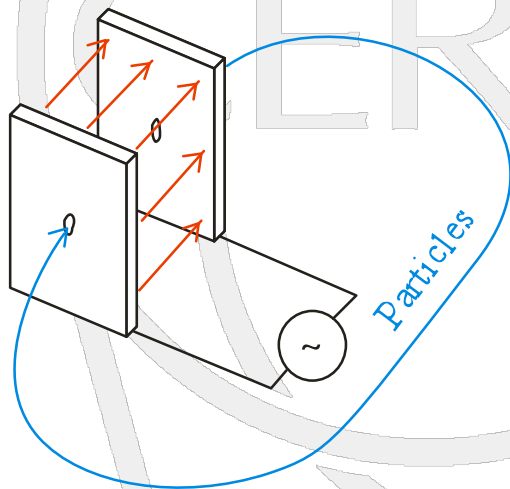
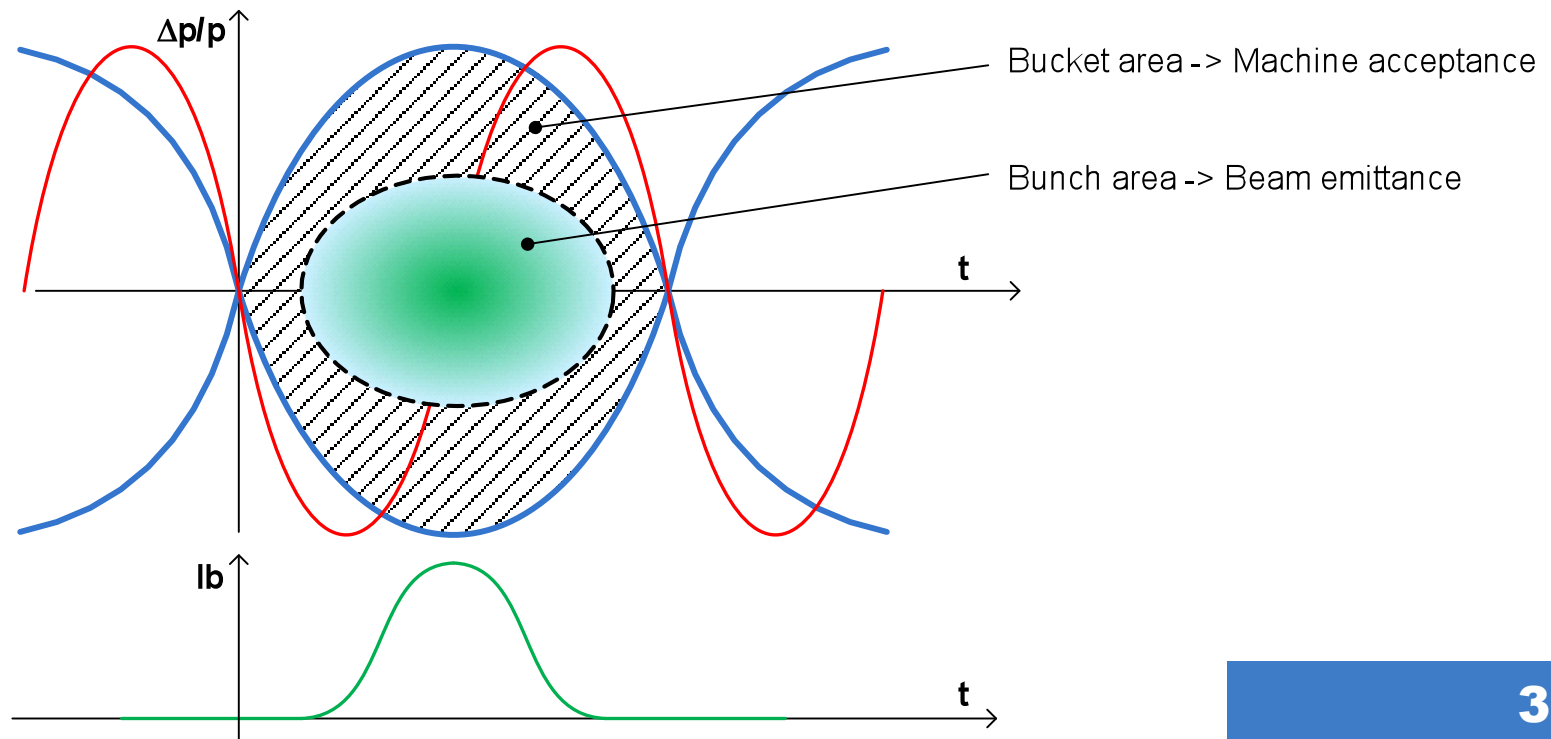
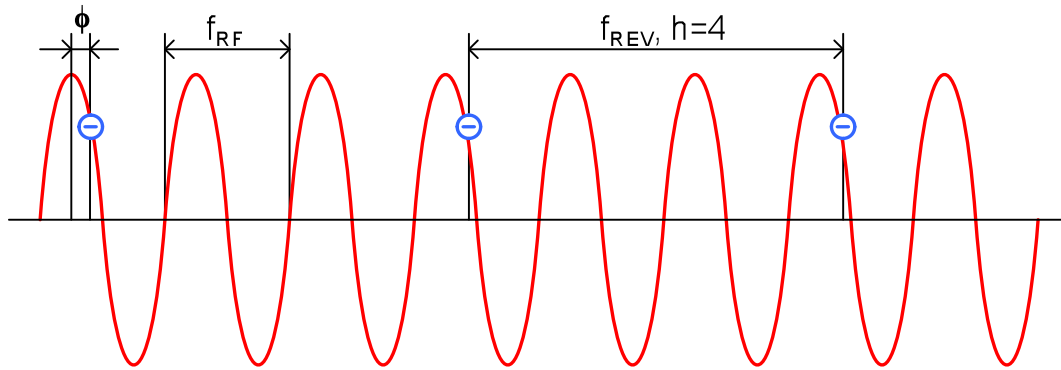


Foto: súkromný archív

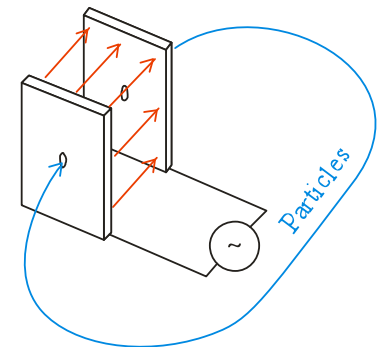
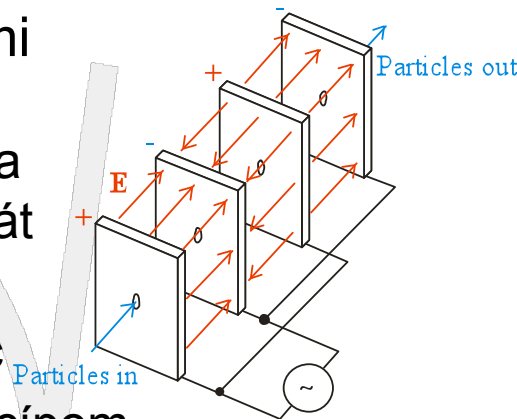
Ako funguje urýchľovač častíc



Ako funguje urýchľovač častíc

- Urýchľovanie striedavými EM poľami

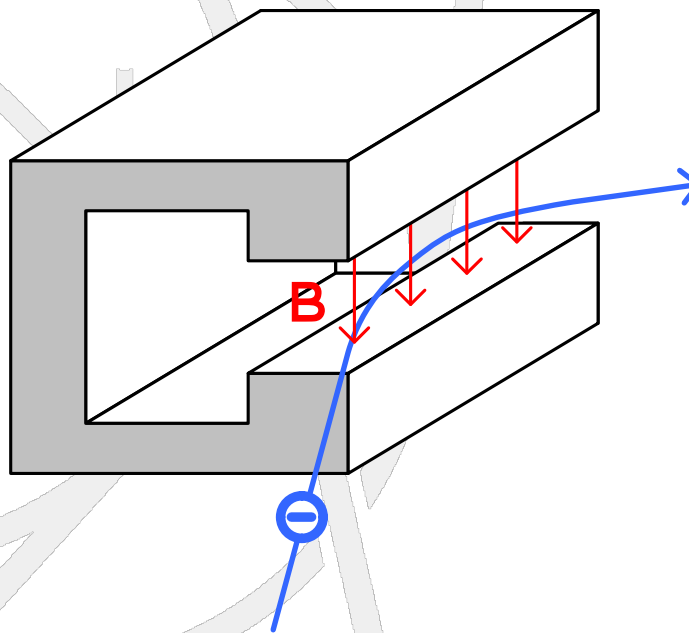
- Zložitejšie, urýchľovacia štruktúra sa obyčajne využije cyklicky mnoho krát
- Samotná urýchľovacia štruktúra neobmedzuje finálnu energiu častíc
- Rozptyl energie častíc daný už princípom tohoto typu urýchľovania
- V súčasnosti dosiahnuteľné energie TeV, nie je to ale limit urýchľovacej štruktúry



- Využitie: medicína, priemysel, materiálové inžinierstvo, jadrové technológie, zobrazovanie, zdroje synchrotrónového svetla, základný výskum v oblasti štruktúry hmoty...

Ako funguje urýchľovač častíc

- Ako zakriviť dráhu častíc tak aby sa vrátili naspäť do urýchľovacej štruktúry a mohli sme ju využiť opakovane?



... potrebujeme dipólové magnety

Ako funguje urýchľovač častíc

Dipól pre urýchľovač LHC

- Hmotnosť 30 t
- Dĺžka 16.5 m
- Nominálne pole 8.5 T
- Nominálny prúd 12 000 A
- Indukčnosť 98 mH
- Uložená energia 8.2 MJ
- Pracovná teplota 1.8K
- Priemer supravodivých vlákien 7 μm
- Počet závitov 64
- Prúdová hustota 2 kA/mm²
- Elektromagnetické sily vo vnútri štruktúry 2.1 MN/m
- Celkový počet 1232 ks
- Celková dĺžka použitého supravodivého kábla 7 000 km

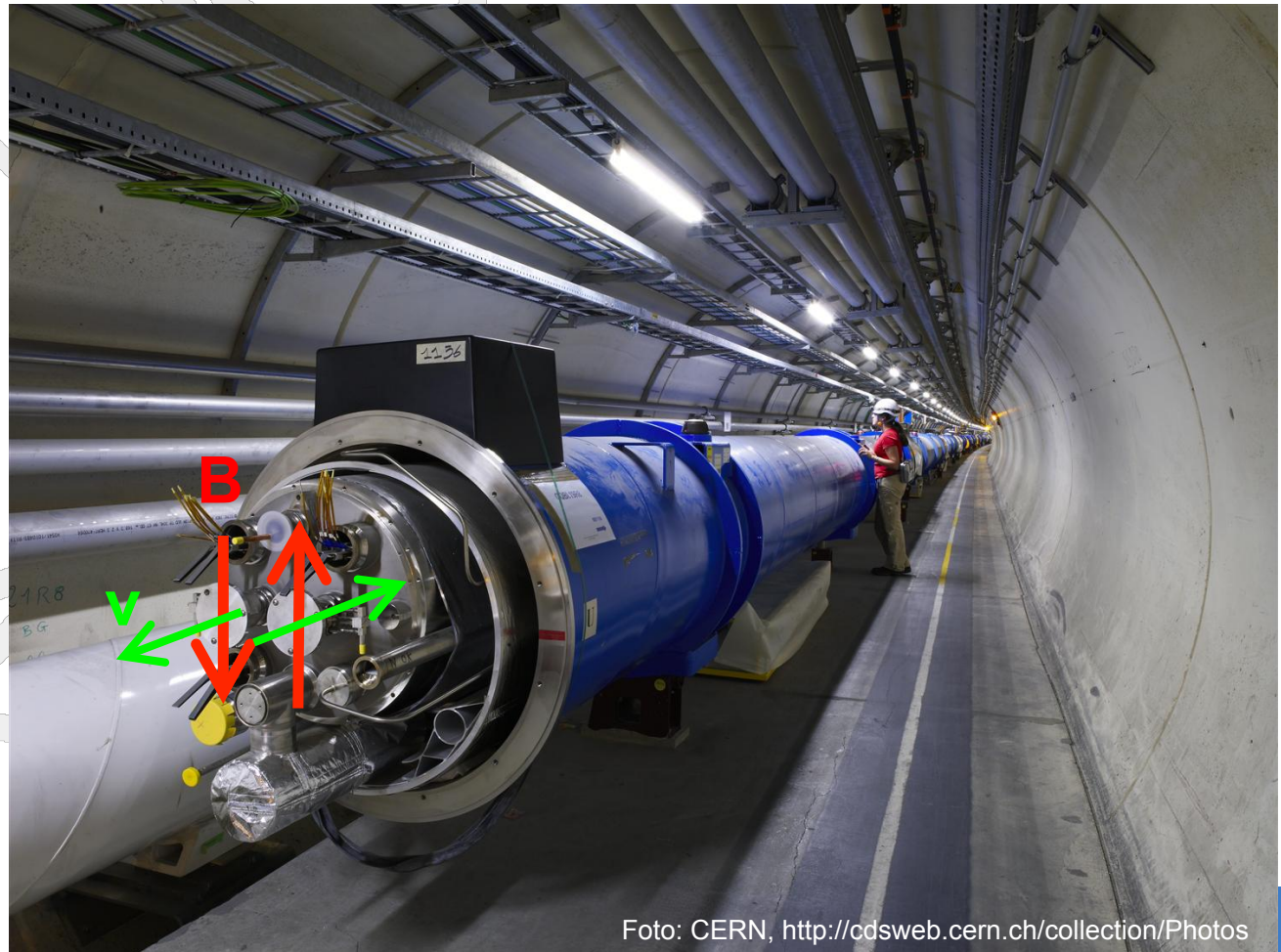
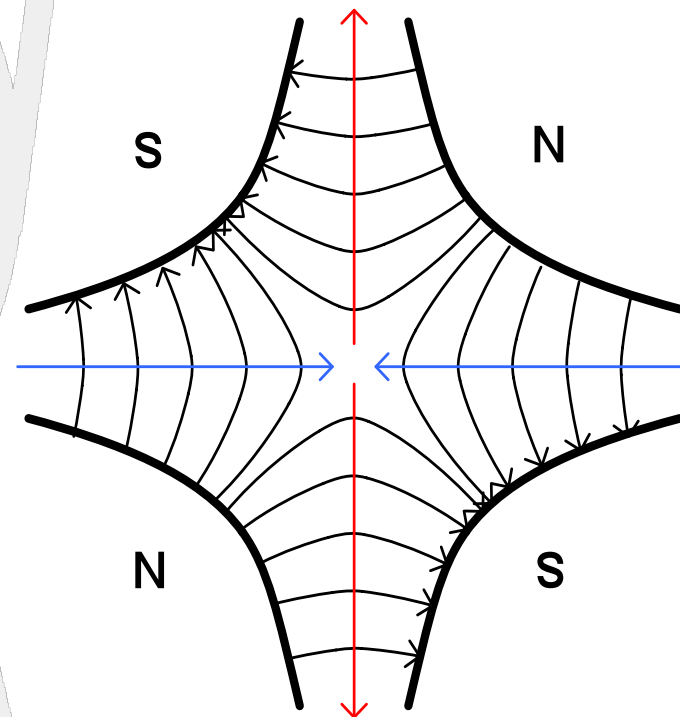


Foto: CERN, <http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos>

Ako funguje urýchľovač častíc

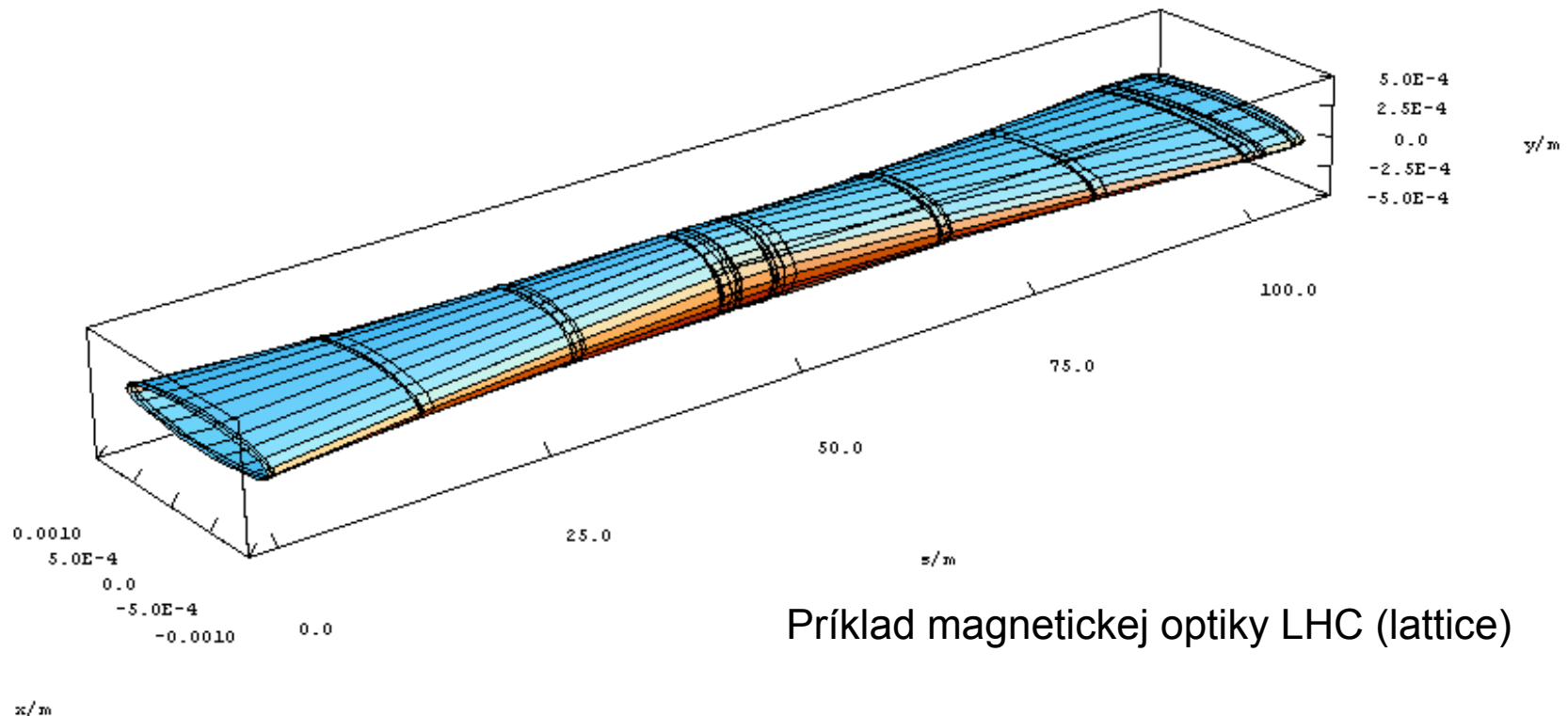
- Na zväzok častíc vo vákuovej komore nepôsobí žiadna vertikálna sila takže vykonávajú voľný pád.
- Zväzok tvoria častice rovnakého náboja, tie majú snahu sa rozptyľovať

...potrebujeme ďalšie magnety



Ako funguje urýchľovač častíc

- FODO štruktúra:
 - fokusuje zväzok v jednej rovine, zároveň ho ale defokusuje v druhej rovine.

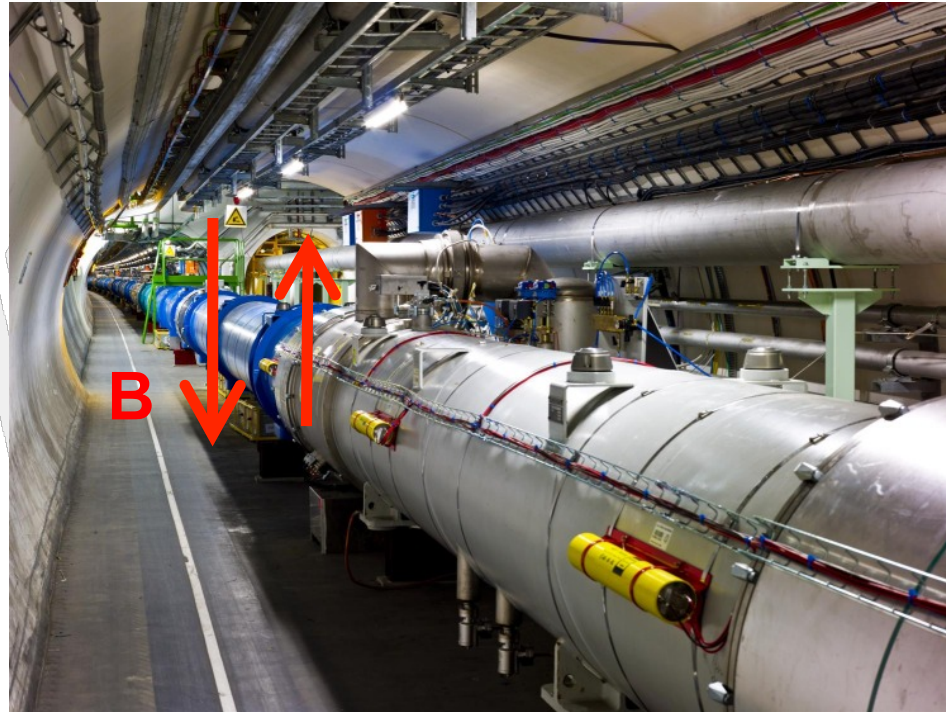
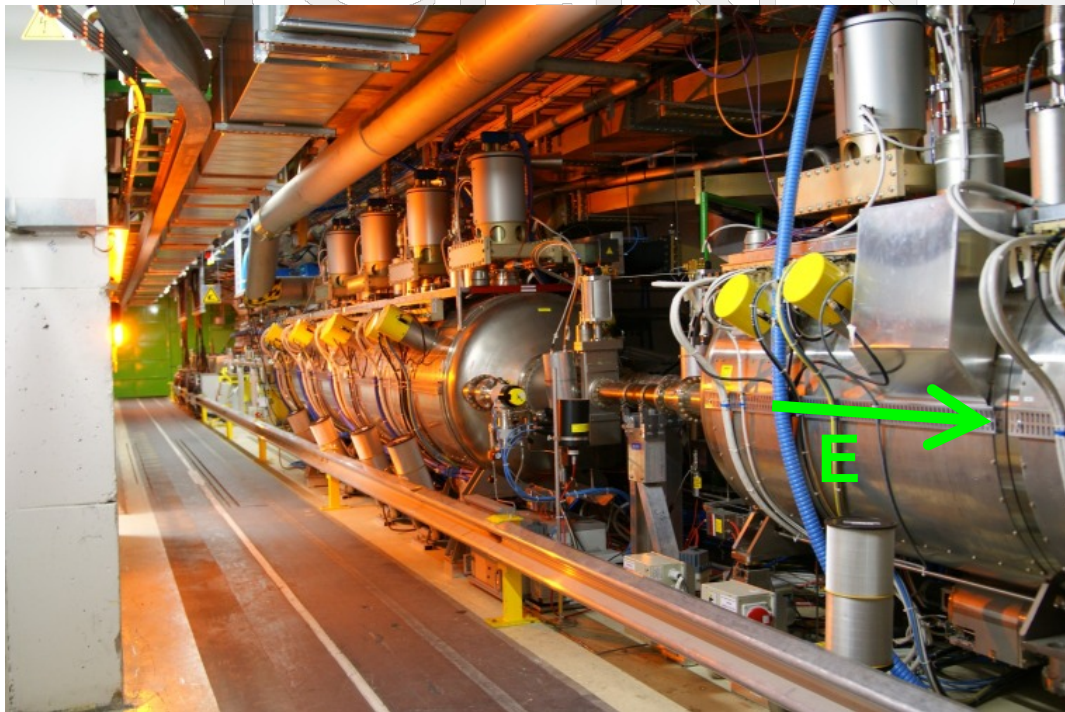


Príklad magnetickej optiky LHC (lattice)

Pohyb nabitej častice v elmag. poli

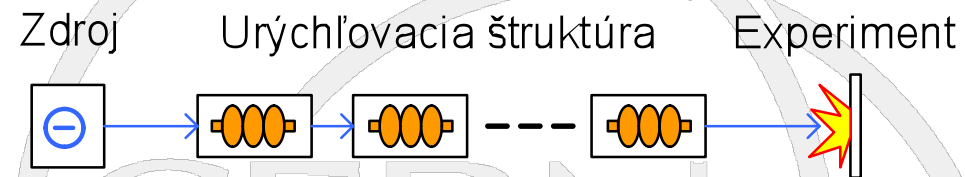
- Ak sa nabitá častica pohybuje v elektrickom alebo magnetickom poli pôsobí na ňu Lorentzova sila

$$\vec{F} = q \left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} \right)$$

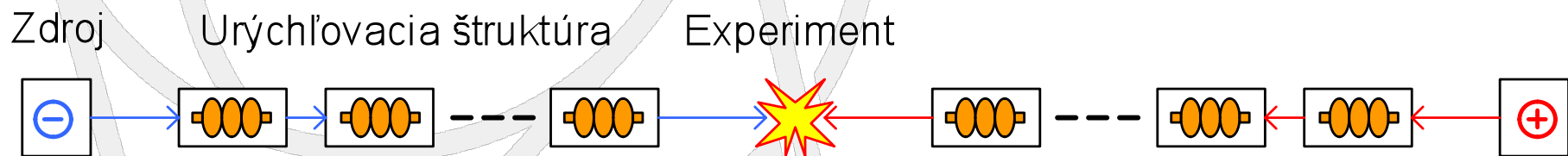


Základné typy urýchľovačov – lineárne

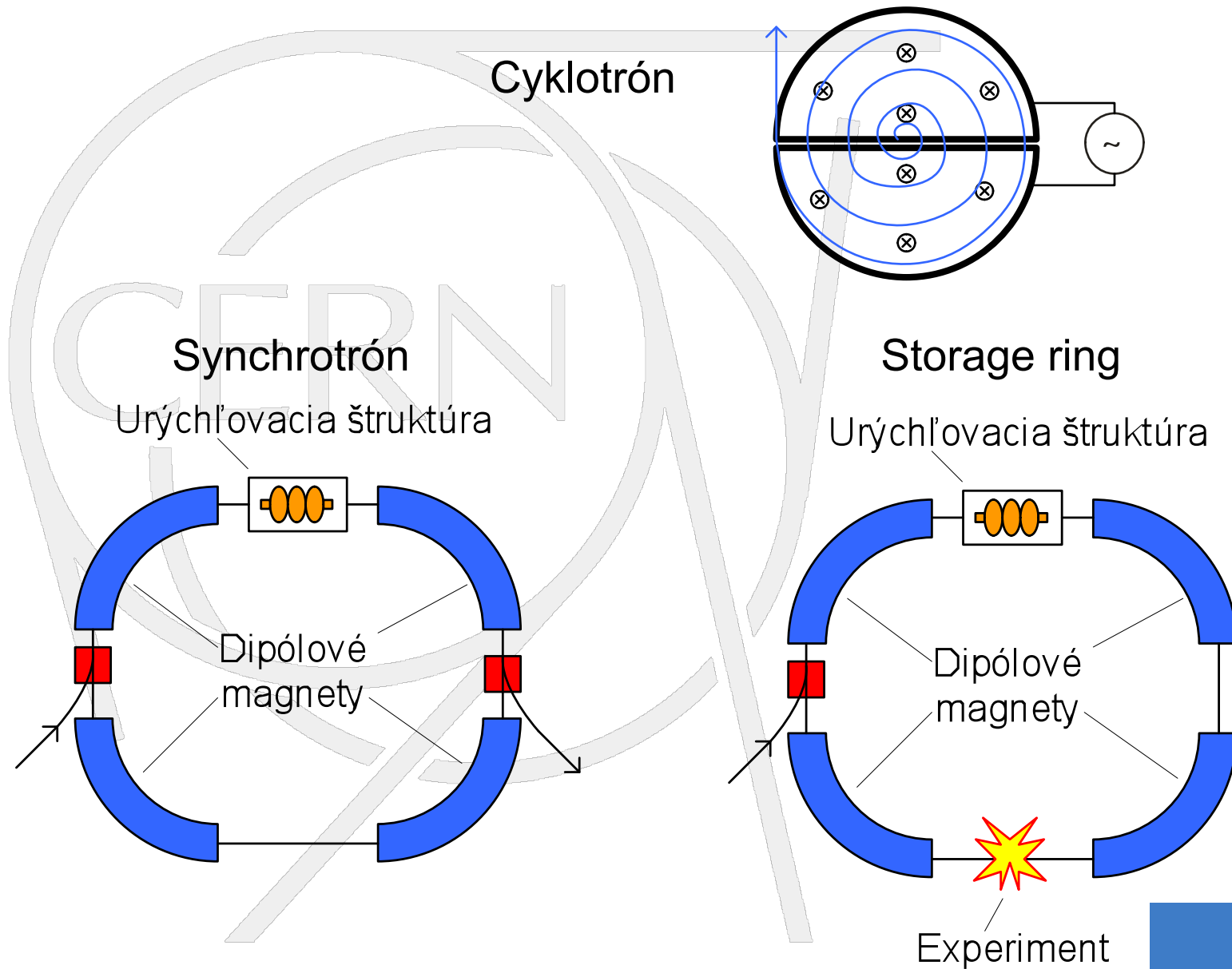
- Urýchľovač



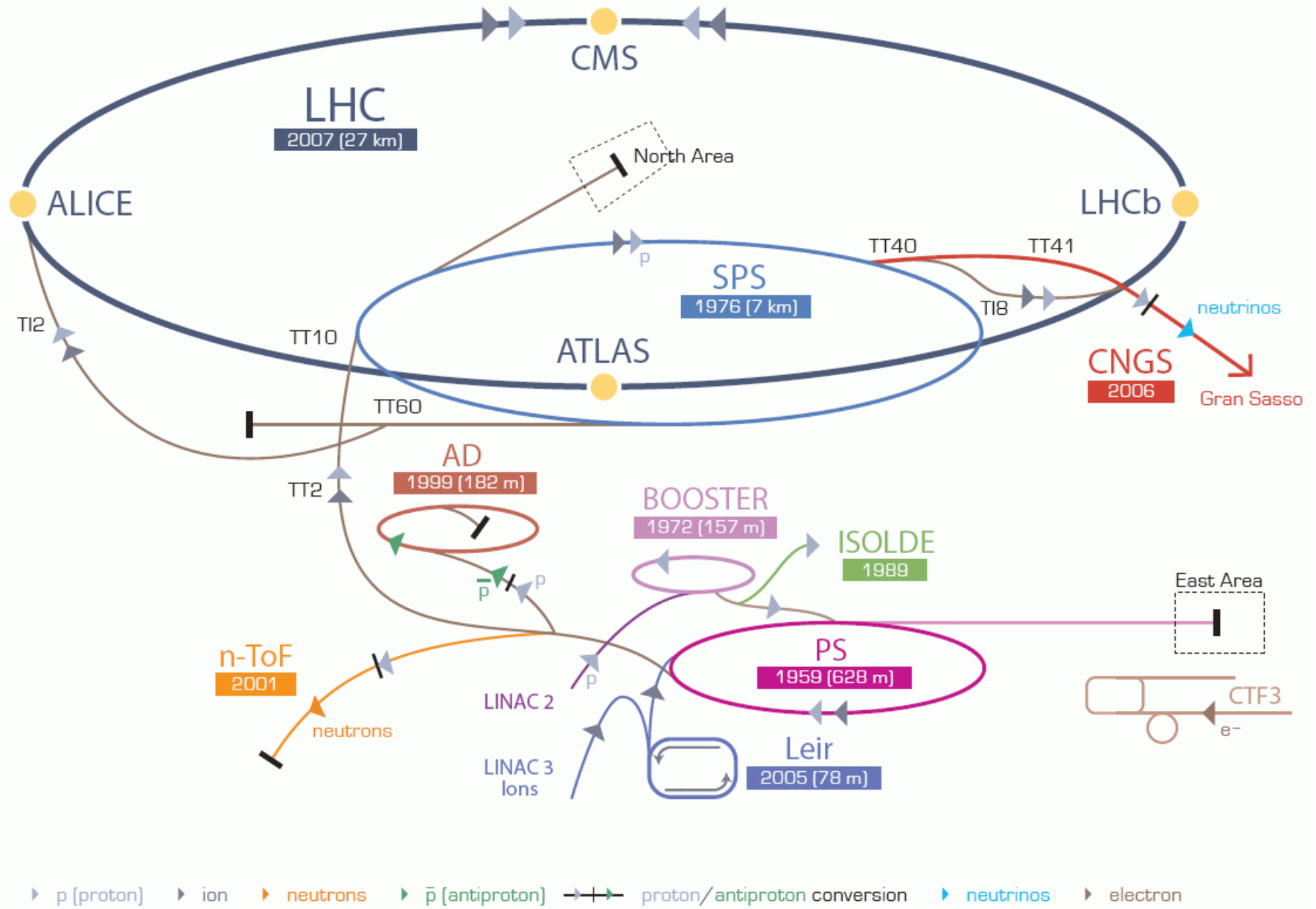
- Lineárny collider



Základné typy urýchľovačov – kruhové



Komplex bežiacich urýchľovačov v CERN



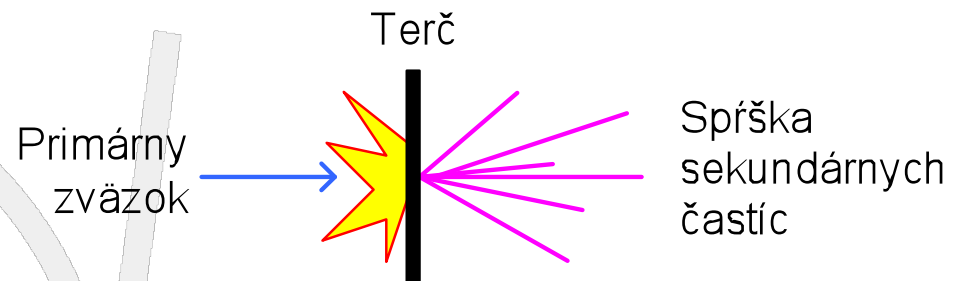
LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron

AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
 LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINEar ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight

Experimenty

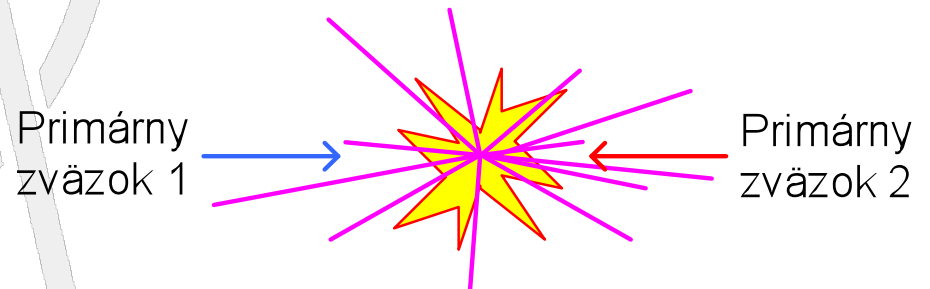
- Fixed target experimenty

- výroba sekundárnych častíc
- bombardovanie terča časticami
- štúdium vlastností hmoty
- $CME \sim \sqrt{E}$



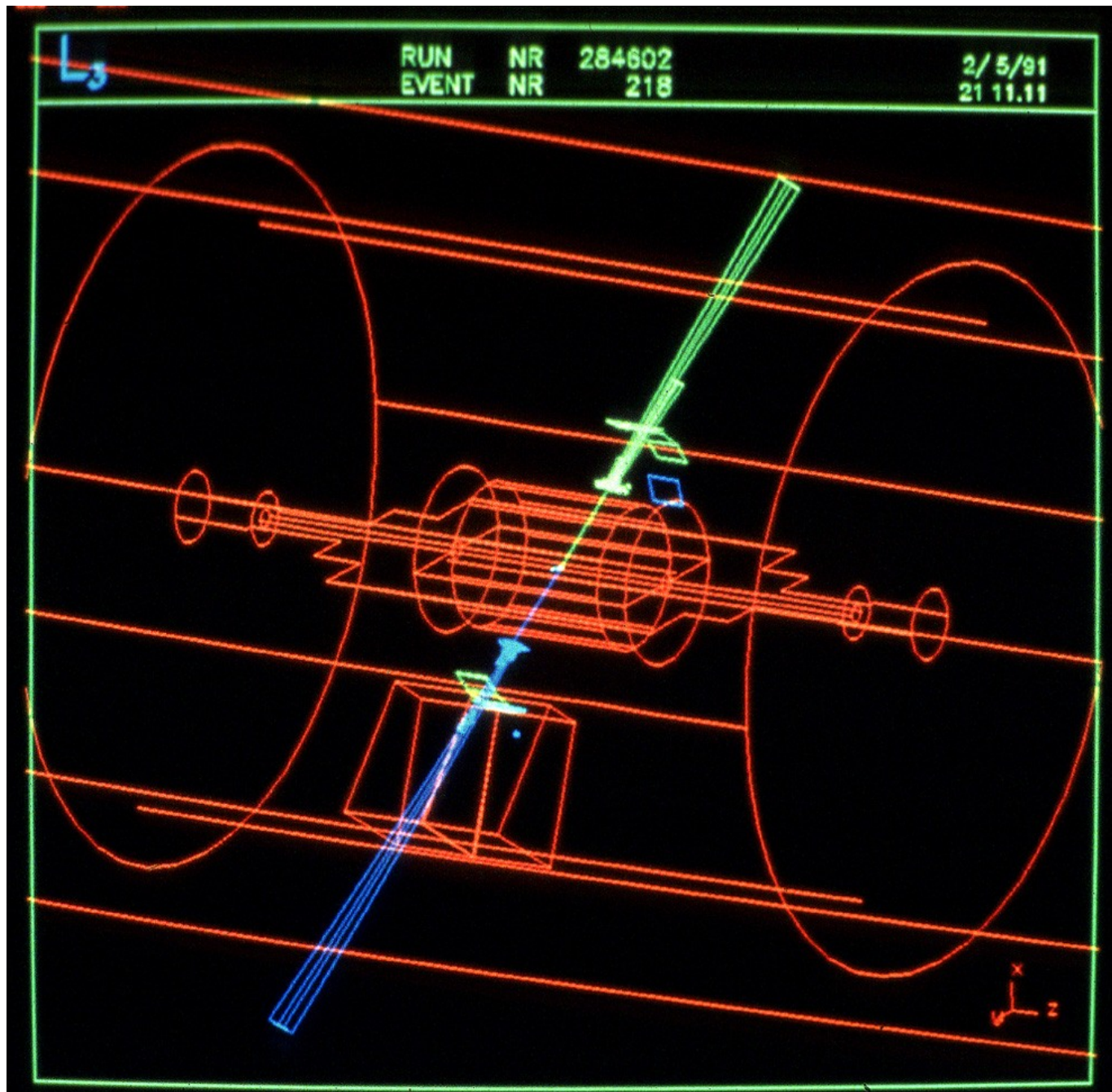
- Kolízie protibežných zväzkov

- základný výskum
- $CME \sim 2 * E$



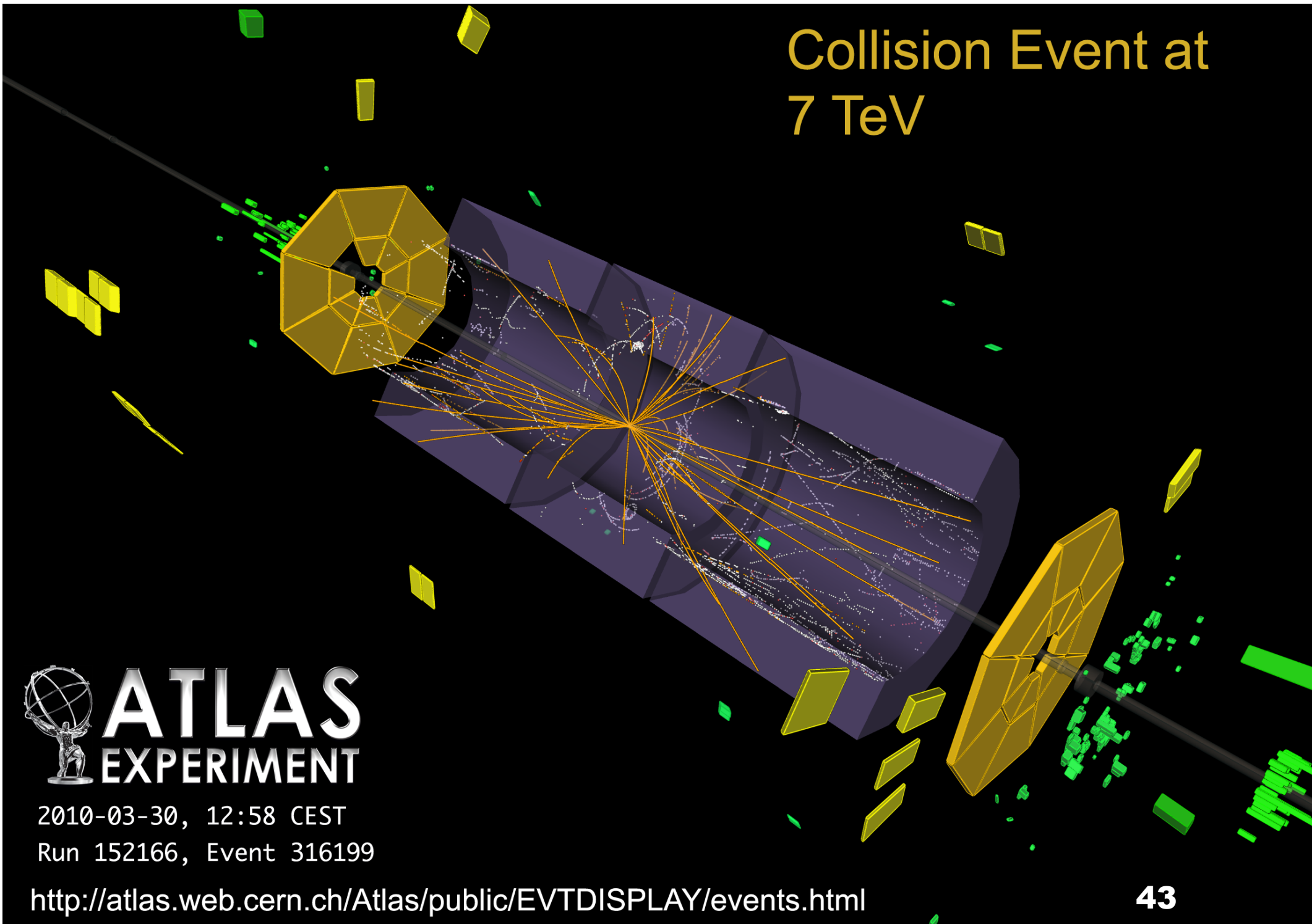
Experimenty

- Na rôzne druhy experimentov sa používajú rôzne druhy častíc
 - **Leptóny**: nositelia viacmenej čistej energie, pri zrážkach nevzniká zbytočný "odpad". Vhodné na presné merania už známych vecí.
 - **Hadróny**: hmotné častice skladajúce sa z kvarkov. Pri zrážkach vzniká množstvo rôznych produktov. Vhodné na objavy nových vecí.
 - **Ióny**: veľmi ťažké zložené jadrá, pri zrážkach vzniká obrovské množstvo rôznych produktov. Štúdium kvark-gluónovej plazmy.
- Hmota a energia sú v prírode dve formy toho istého, takže v princípe vieme vytvoriť ľubovoľné častice z energie alebo inej hmoty



Kolízia e⁻ e⁺

Collision Event at 7 TeV

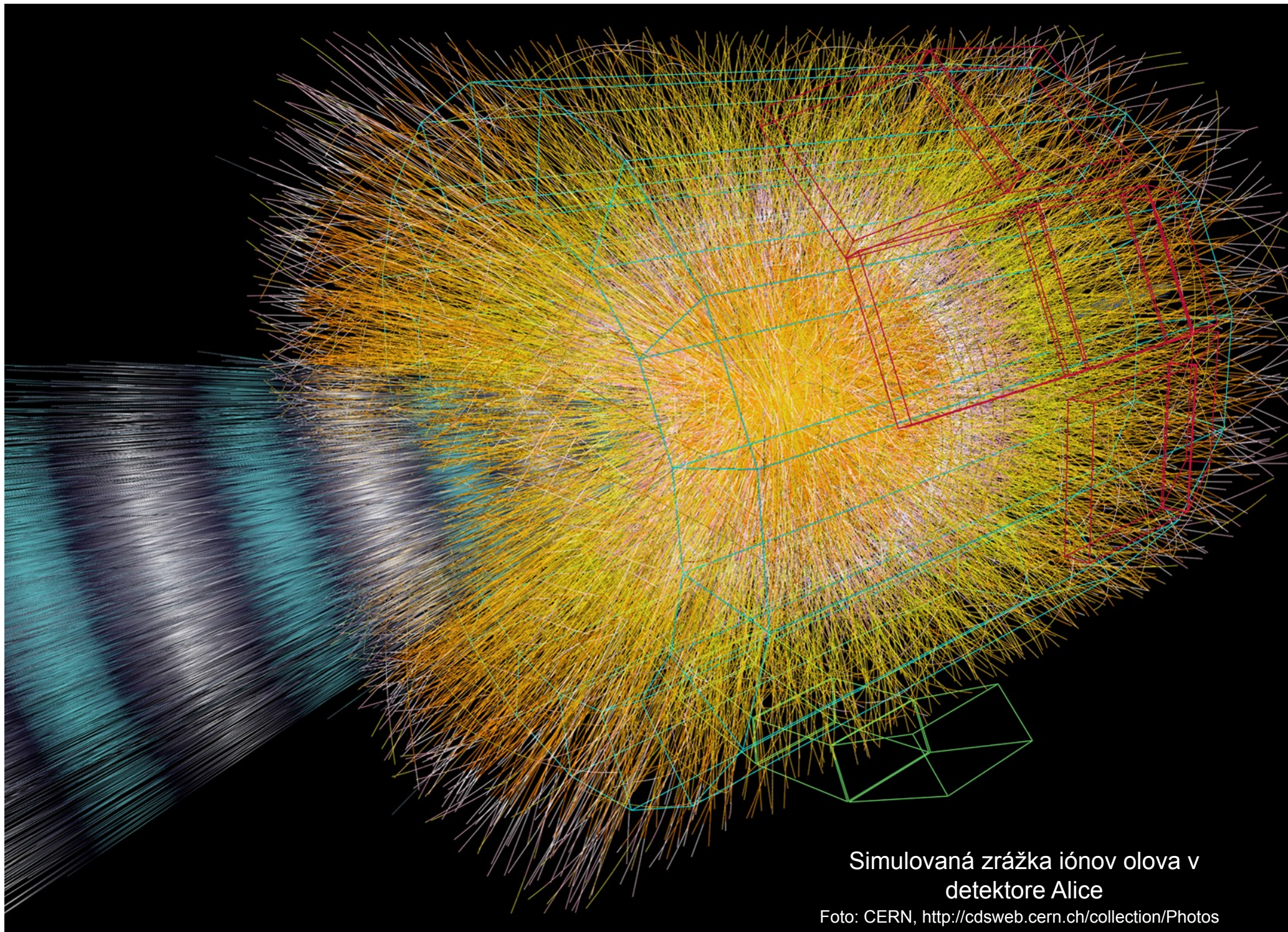


ATLAS
EXPERIMENT

2010-03-30, 12:58 CEST

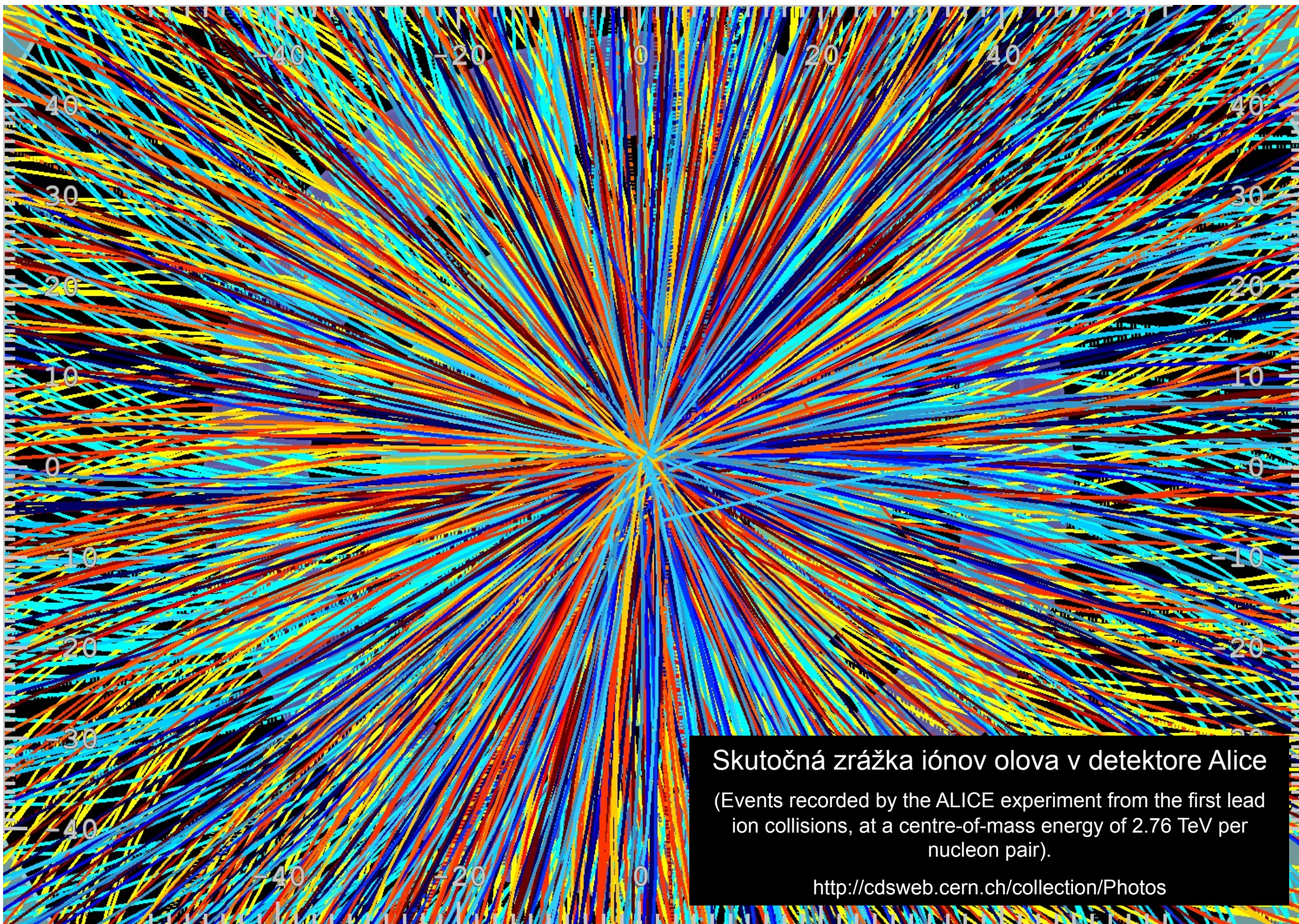
Run 152166, Event 316199

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>



Simulovaná zrážka iónov olova v
detektore Alice

Foto: CERN, <http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos>

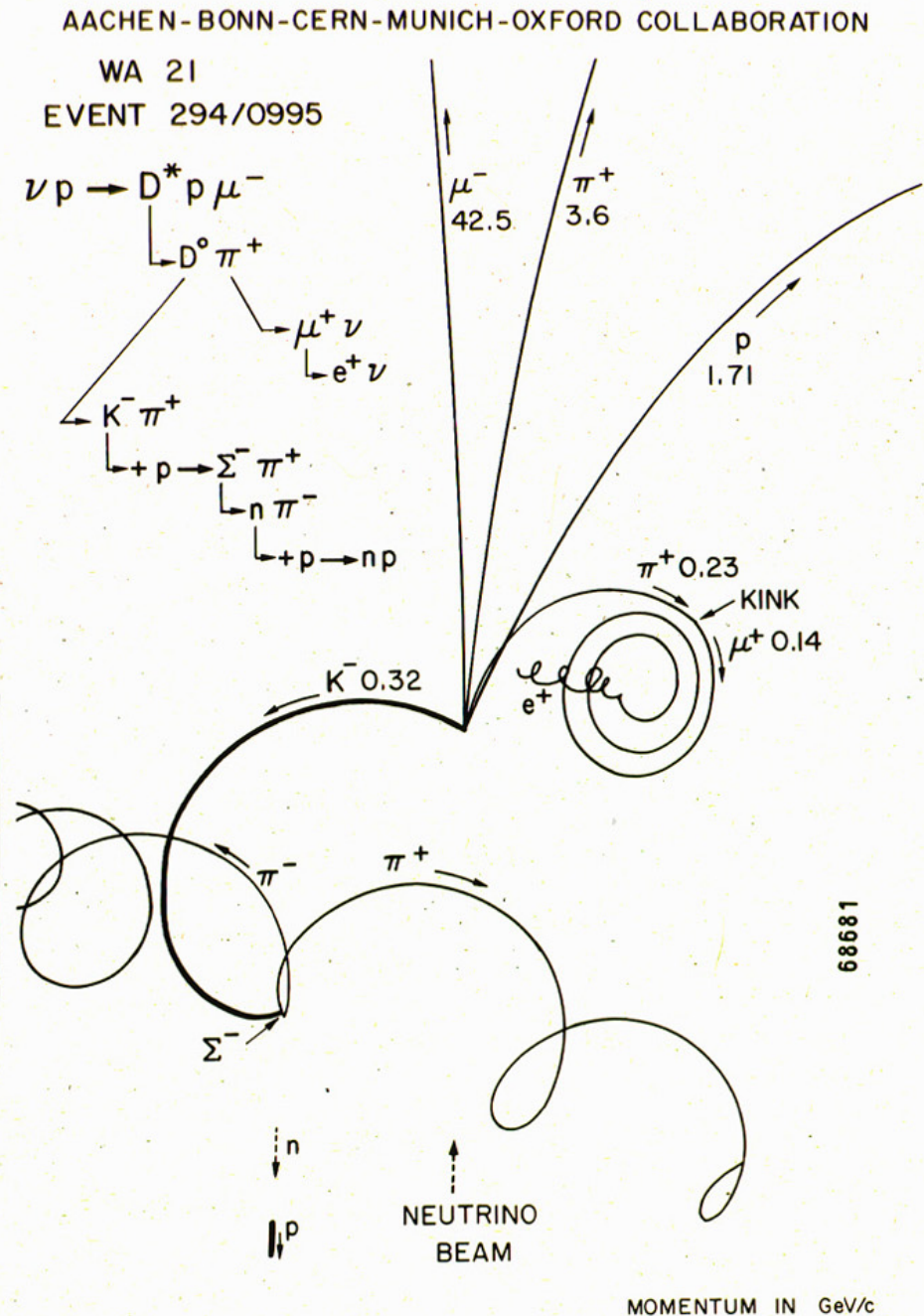
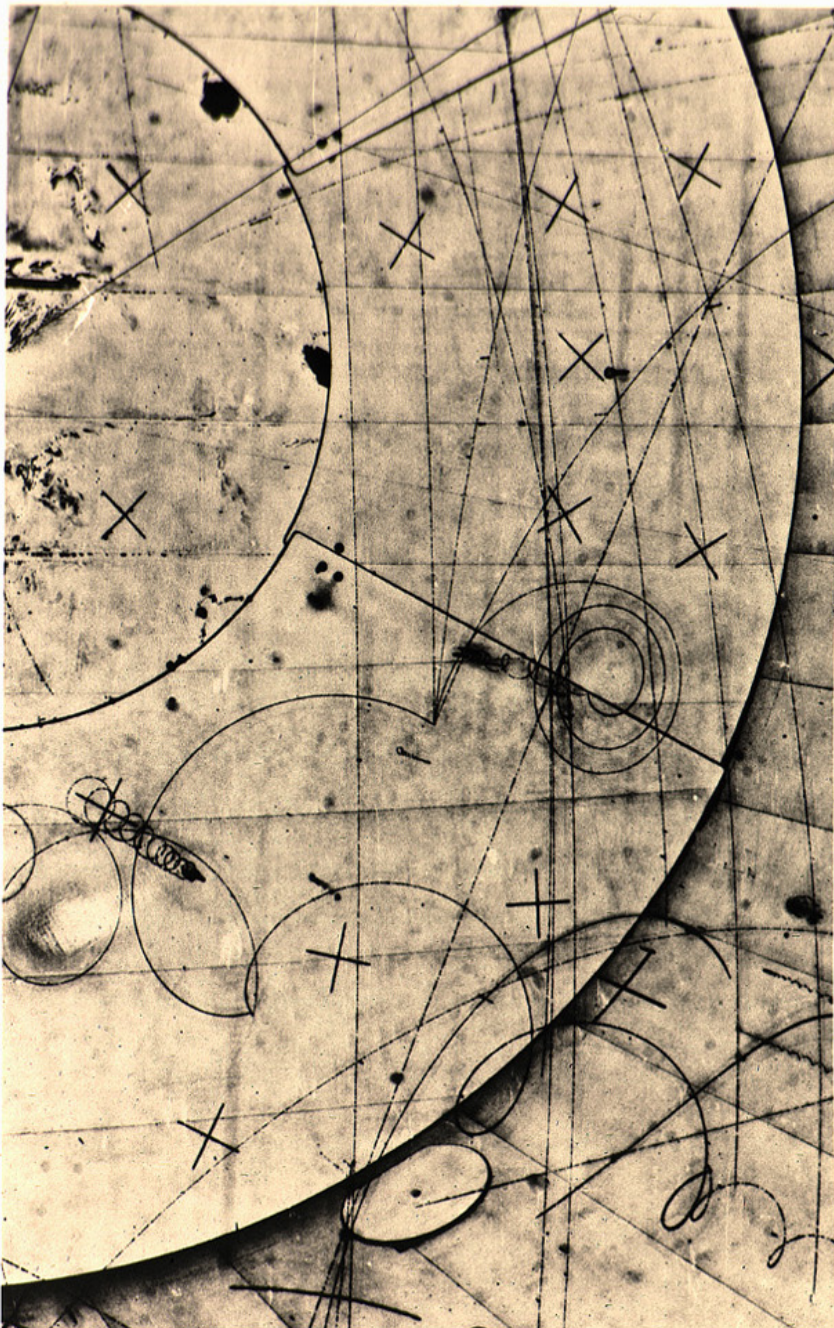


Skutočná zrážka iónov olova v detektore Alice

(Events recorded by the ALICE experiment from the first lead ion collisions, at a centre-of-mass energy of 2.76 TeV per nucleon pair).

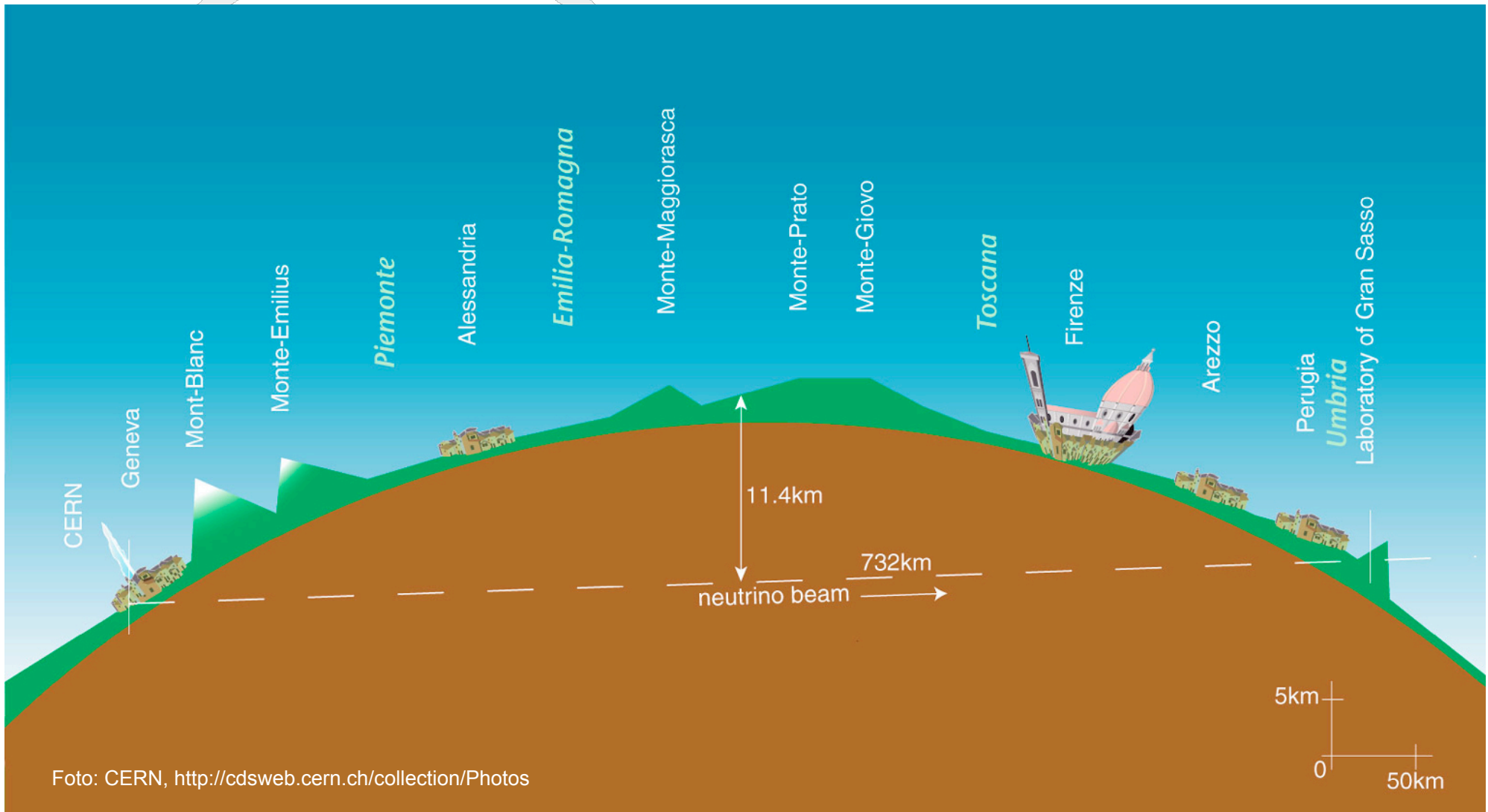
<http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos>

... zrážky častíc sa ešte pomerne nedávno analyzovali takto:



Fixed target experimenty

Príklad CNGS (**CERN Neutrinos to Grand Sasso**)

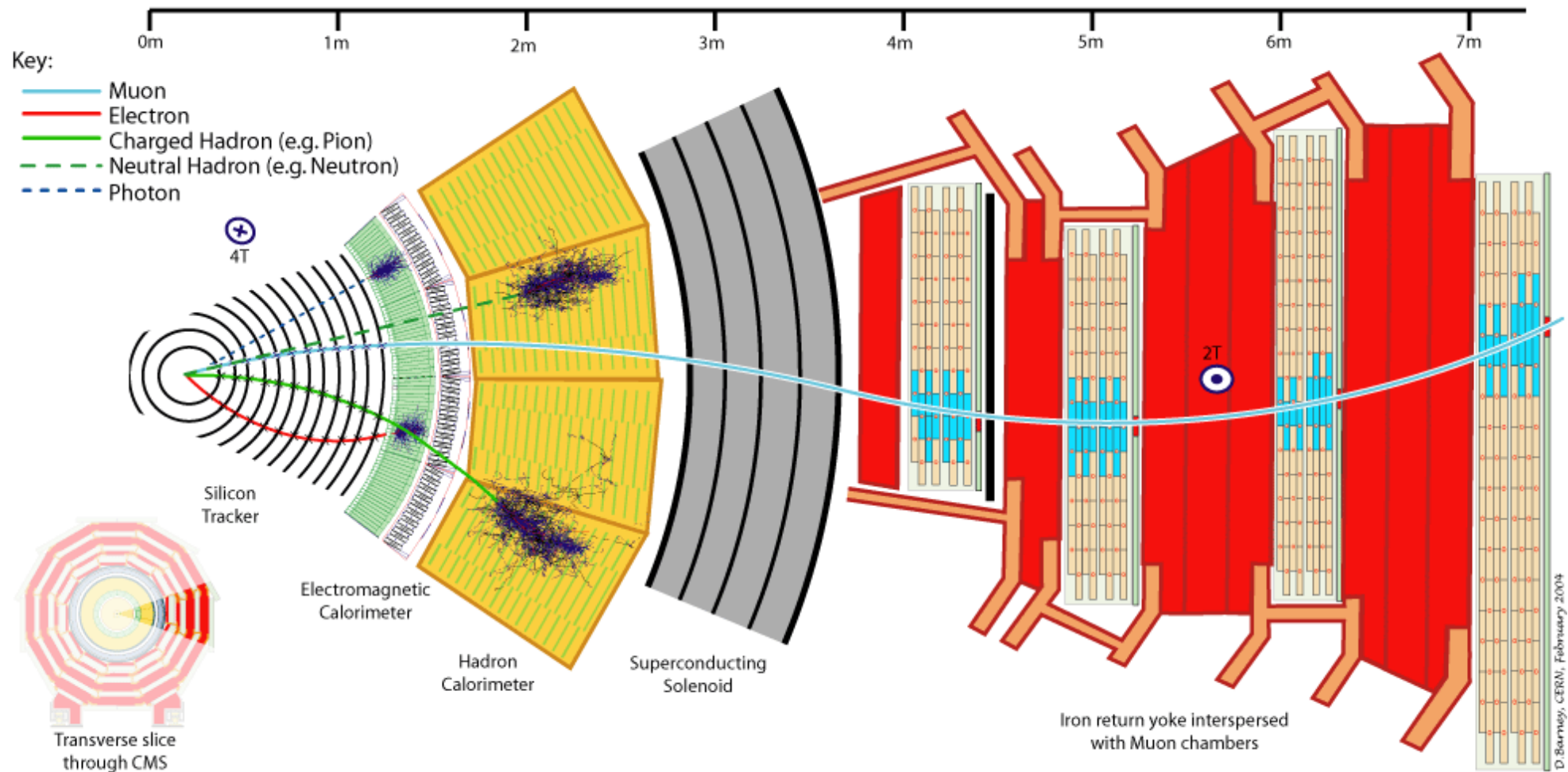


Detektory častíc

- V mieste kde sa pretínajú zväzky a dochádza ku kolíziám sú umiestnené experimenty (detektory častíc). Tieto zaznamenávajú dráhy a energie všetkých v súčasnosti známych častíc vyprodukovaných kolíziou.
- Detektory sa obyčajne skladajú z
 - Trackerov – dokážu zaznamenať trajektóriu letiacich častíc
 - Kalorimetrov – merajú energiu častíc
 - Magnetov – zakrivujú dráhu elektricky nabitých častíc

Detektory častíc

Prierez detektorom CMS (Compact Muon Solenoid)



Detektory v LHC

- Experimenty v LHC
 - ATLAS (**A** Toroidal **LHC** **A**pparatu**S**)
 - CMS (**C**ompact **M**uon **S**olenoid)
 - ALICE (**A** Large Ion **C**ollider **E**xperiment)
 - LHCb (**LHC**-**b**eauty)
 - TOTEM (Total Cross Section, Elastic Scattering and Diffraction Dissociation)
 - LHCf (**L**arge **H**adron **C**ollider **f**orward)

Detektory v LHC

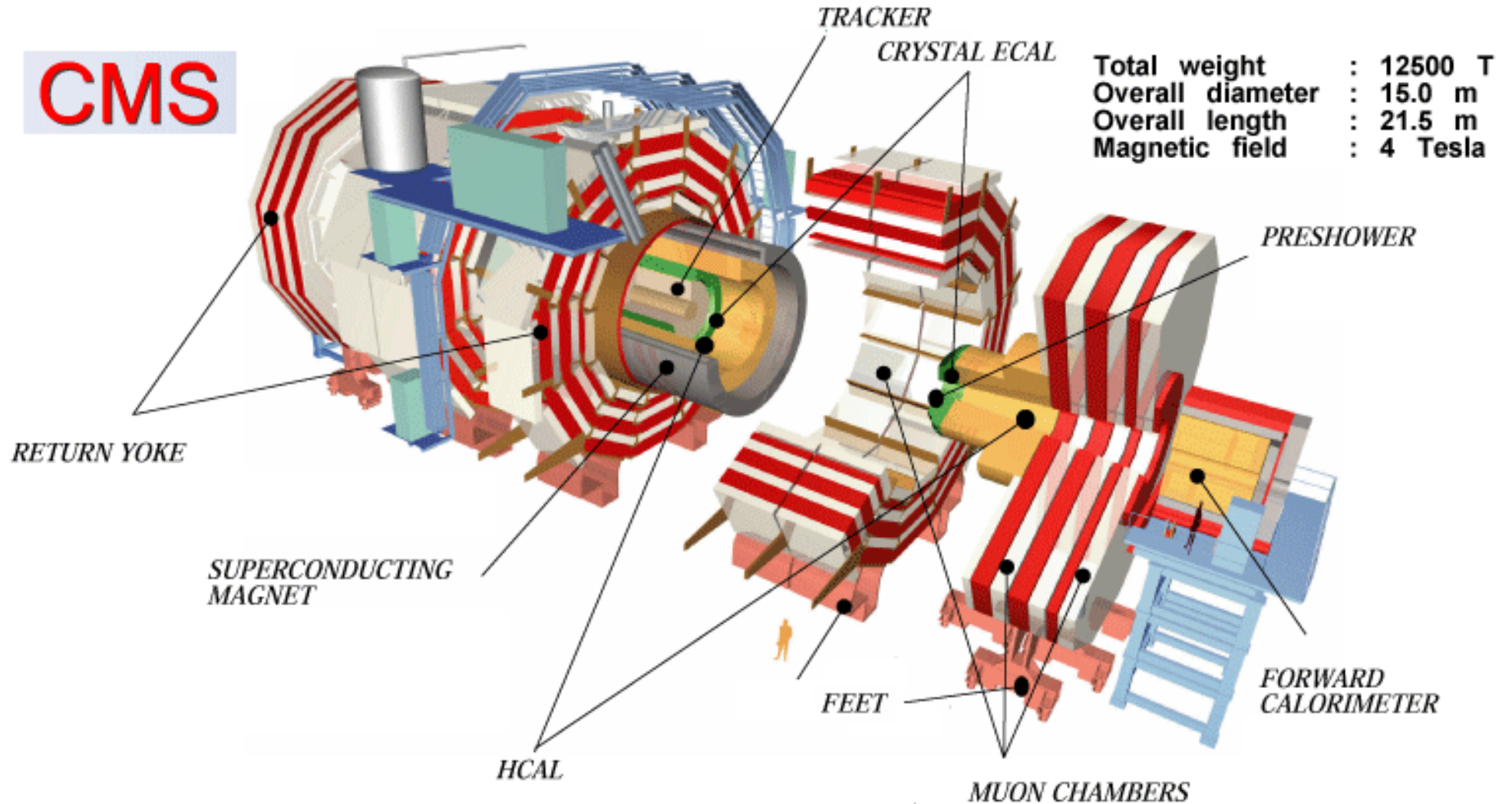
- Detektory v LHC
 - Obsahujú rádovo 10^8 pixelov
 - Ďalšie milióny kanálov z kalorimetrov, muónových detektorov a ďalších
 - Zaznamenávajú zrážky častíc v 40MHz rytme (každých 25ns)
 - Pri každej kolízii sa zrazia rádovo desiatky protónov a vyprodukujú rádovo gigabajty dát (na každom zo štyroch miest a každých 25ns!)

Detektory v LHC

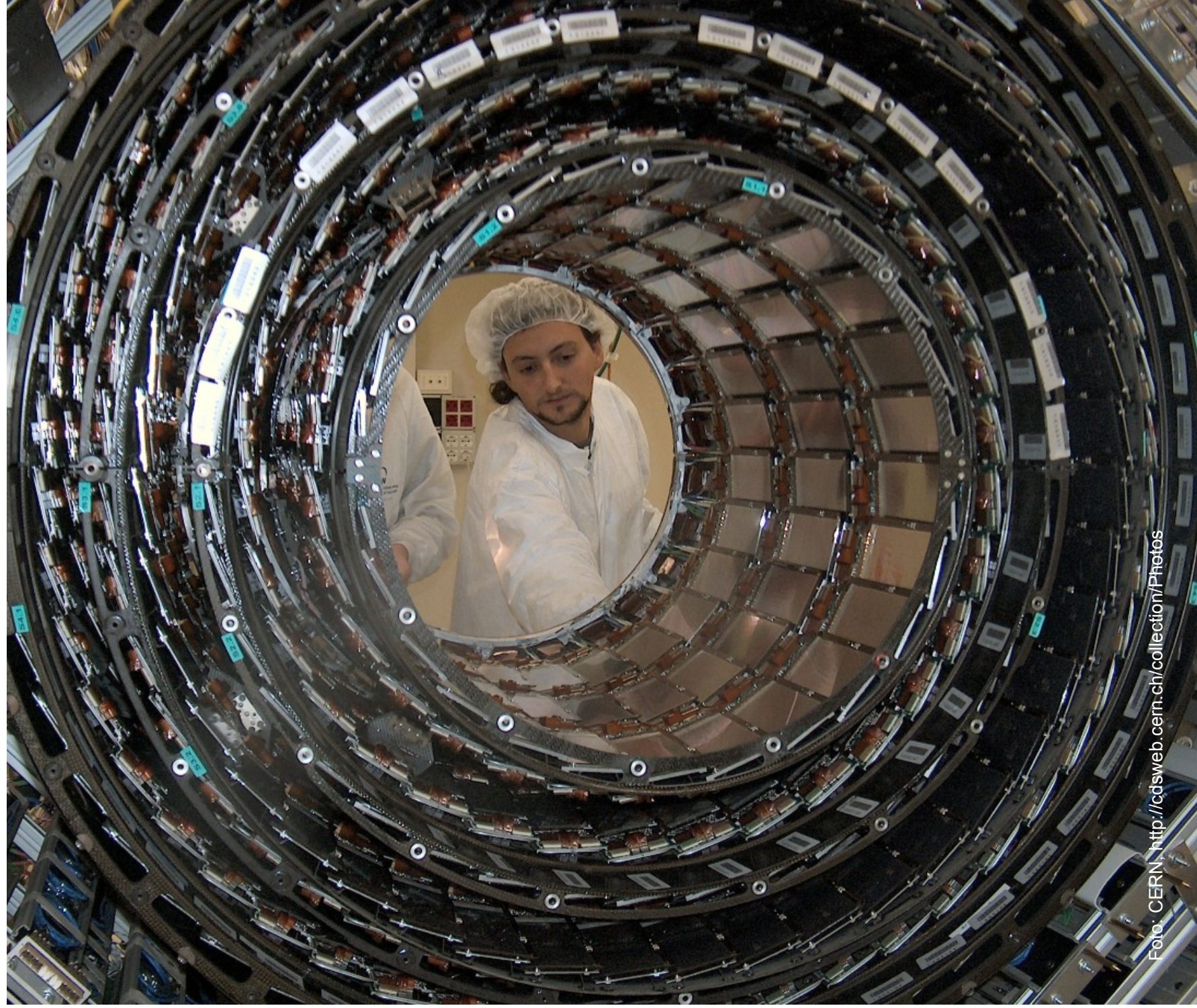
- Detektory v LHC
 - Sú veľké desiatky metrov a vážia až 12 tisíc ton
 - Sú tak veľké, že kým produkty zrážky preletia celým detektorom už prebieha ďalšia
 - Ich supravodivé cievky vytvárajú vysoko homogénne solenoidné a toroidné magnetické polia o intenzite jednotiek Tesla v objemoch desiatok až stoviek m³
 - ... napriek svojej veľkosti a hmotnosti vyžadujú mikrónovú presnosť

Detektory v LHC

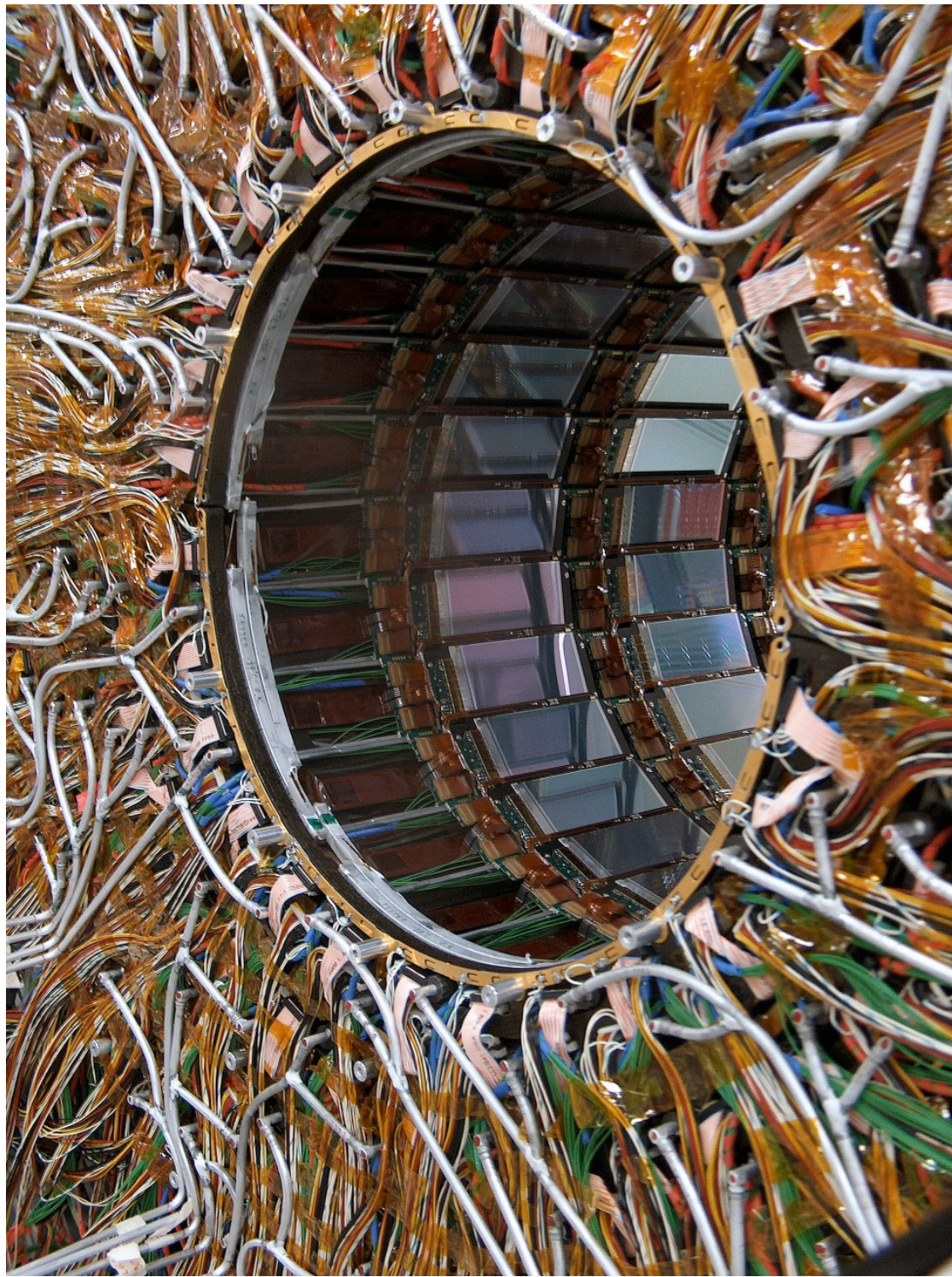
CMS



Vnútorne trackery CMS (spolu ~250m² kremíkových čipov)



Vnútročné trackery CMS



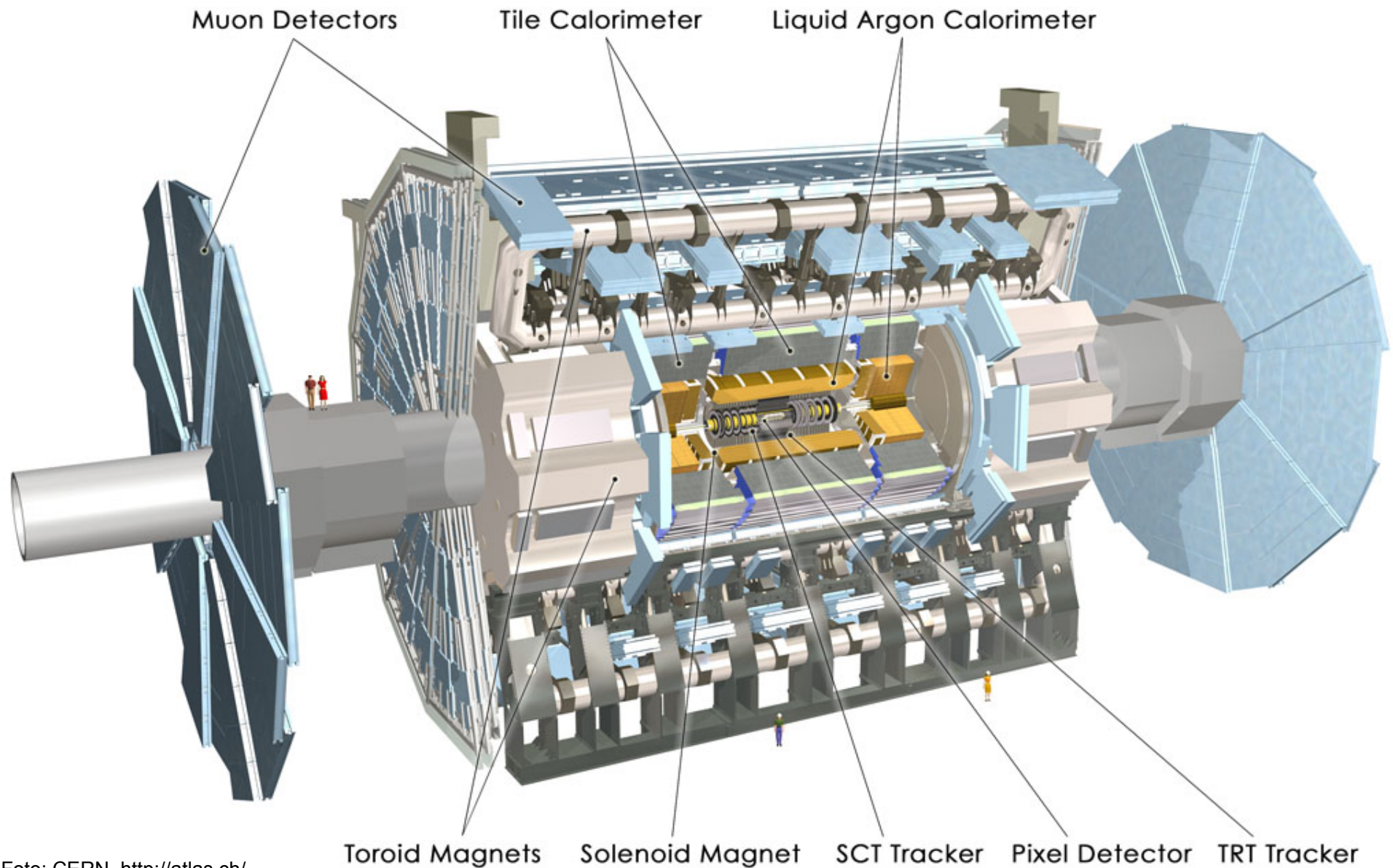
Hadrónové kalorimetre CMS





Working of the 1st supermodule of the the PHOS photon spectrometer which contains 3584 lead tungstate crystals. One crystal is 18 cm long and weighs some 750 grams.

Detektory částic

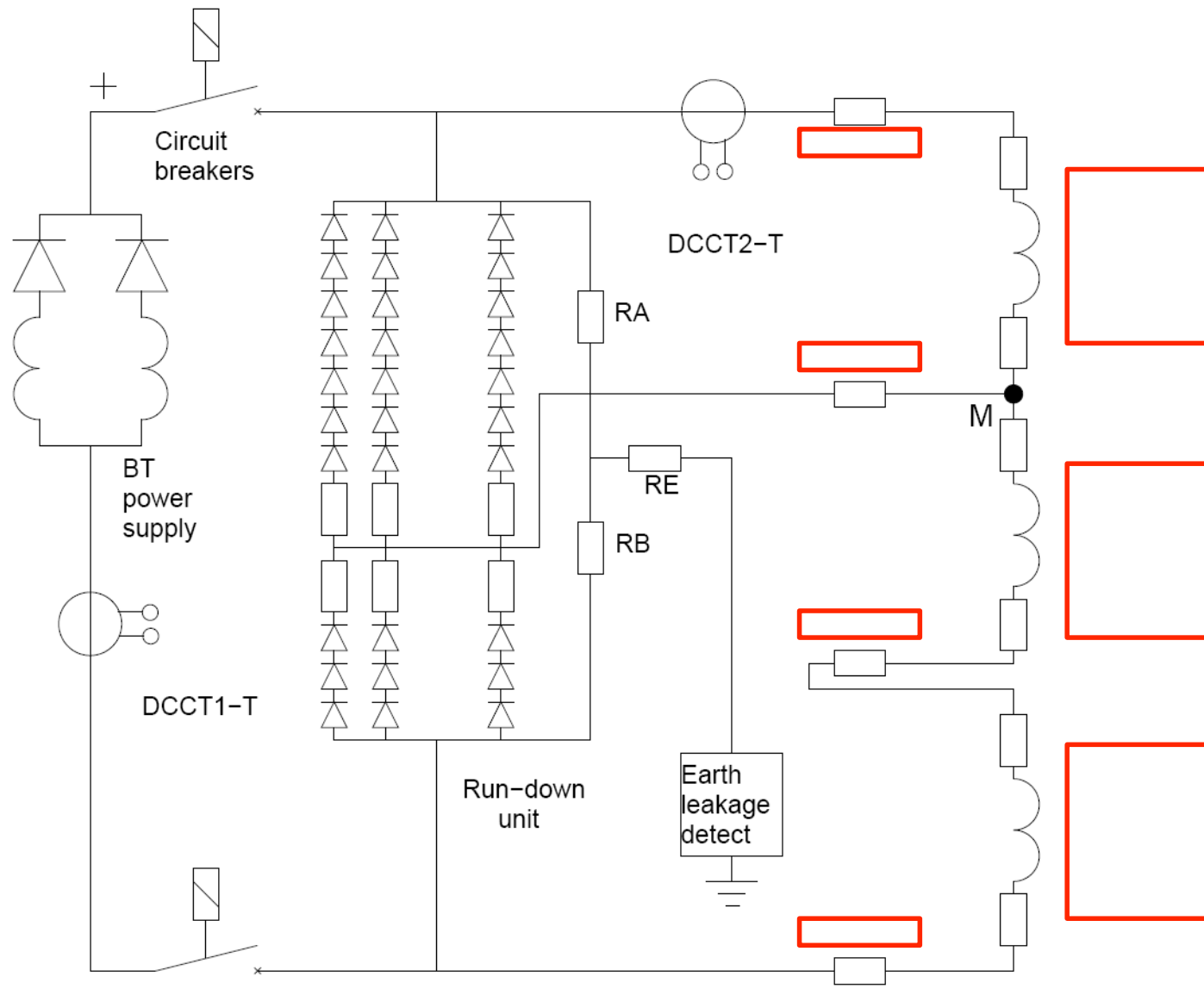


Hlavný toroid ATLAS

USA 15

UX 15

~120 m

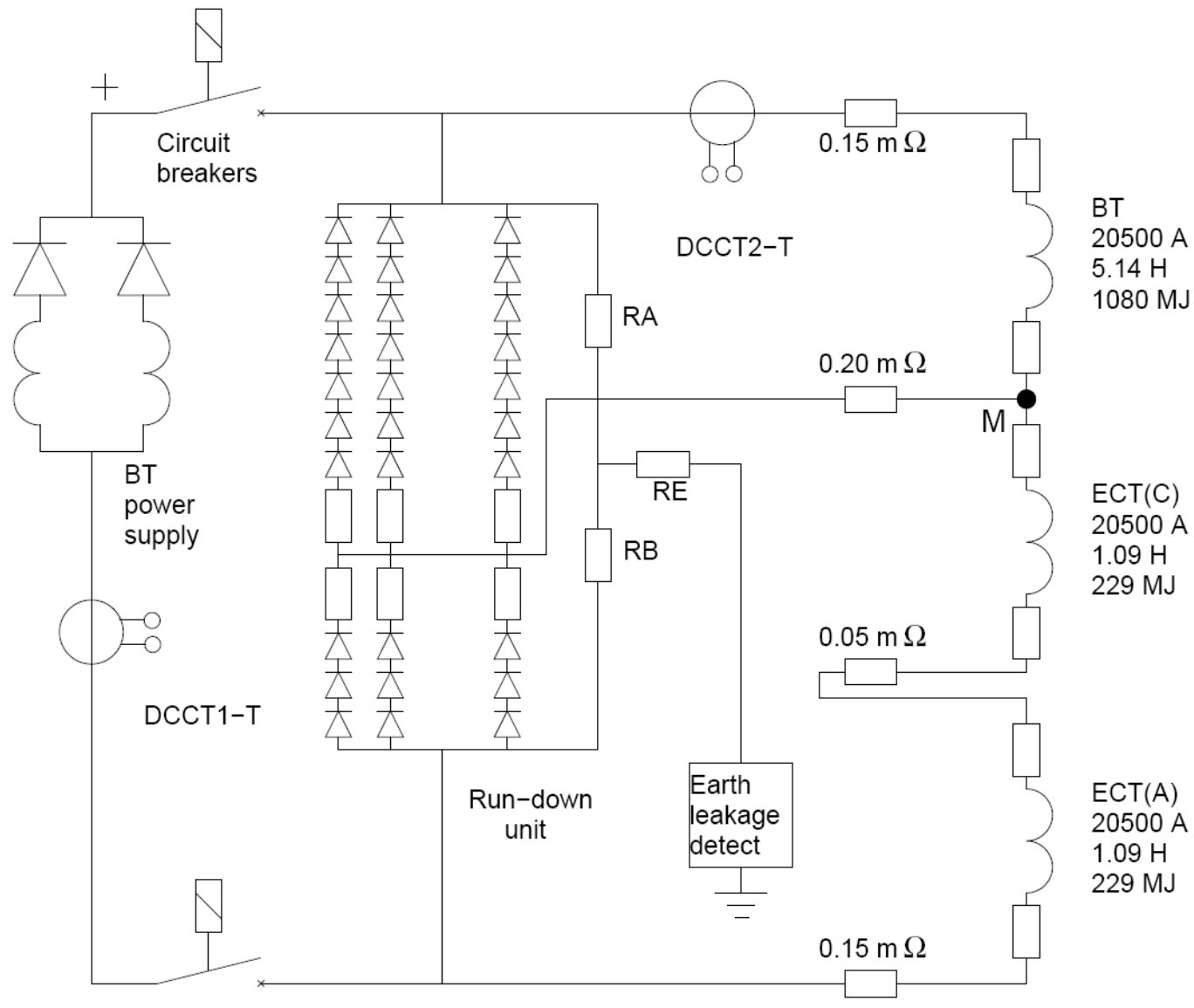


Hlavný toroid ATLAS

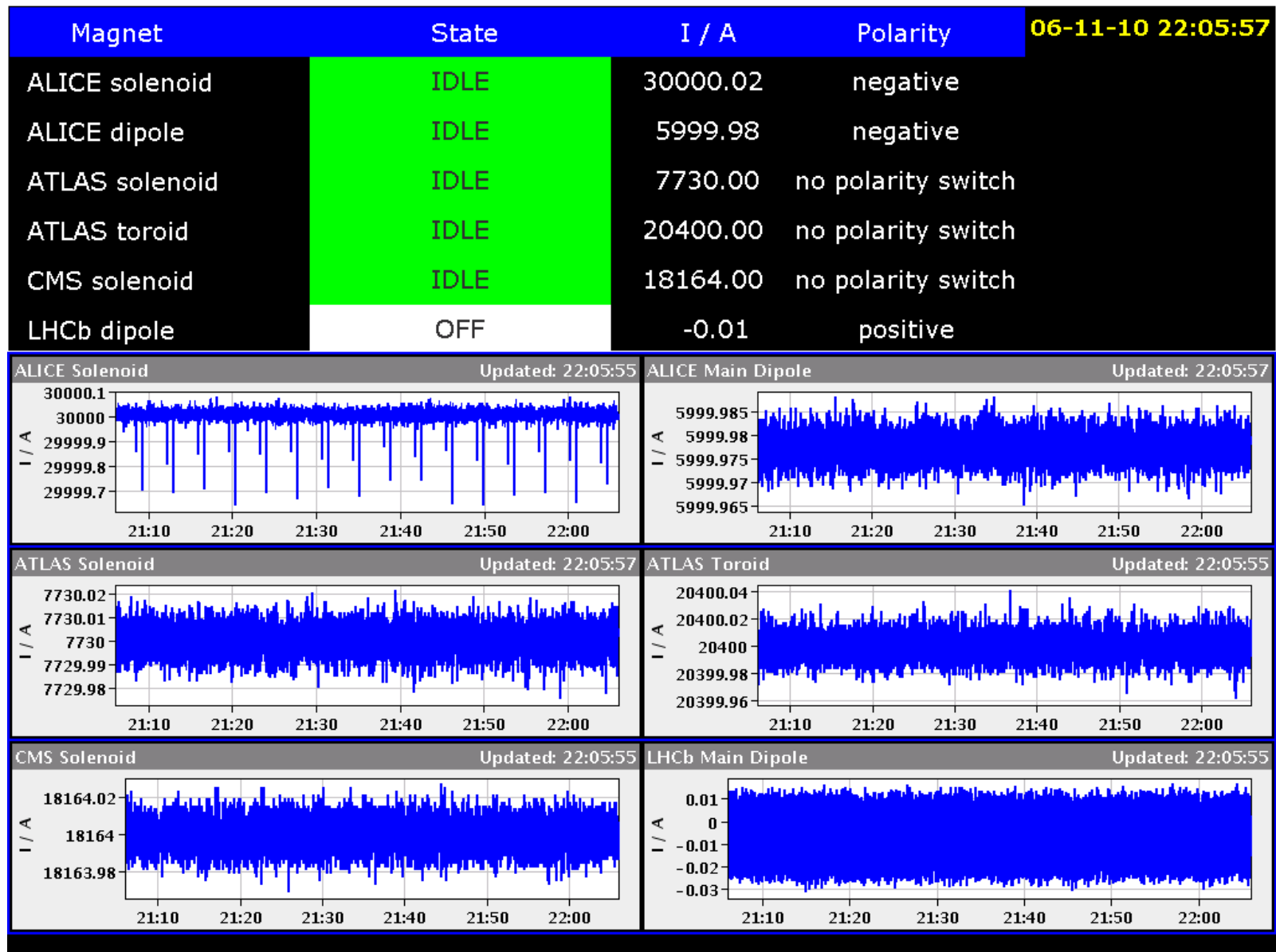
USA 15

UX 15

~120 m



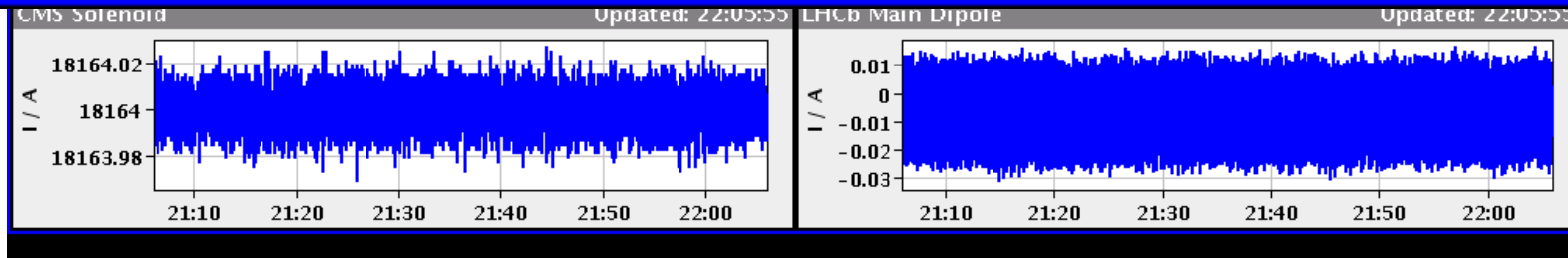
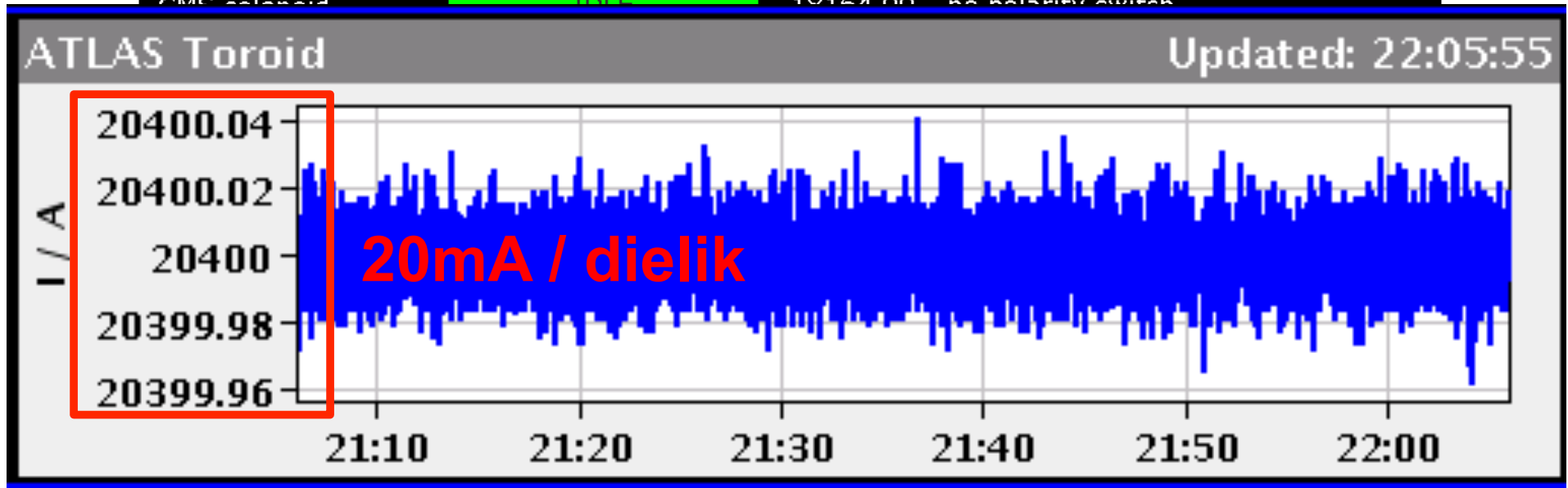
Hlavný toroid ATLAS



Stav možno sledovať naživo na <http://op-webtools.web.cern.ch/op-webtools/vistar/vistars.php?usr=LHCEXPMAG>

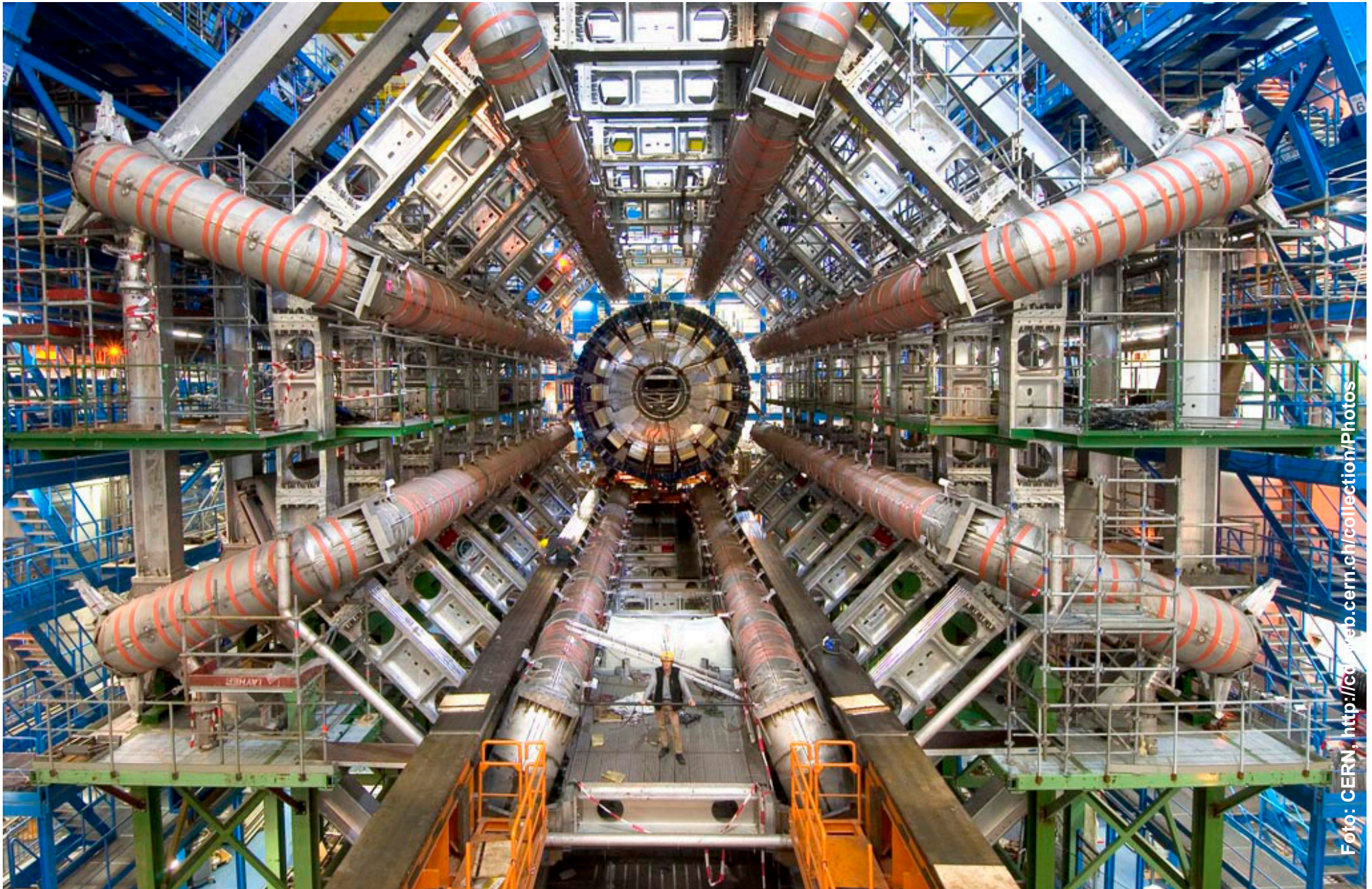
Hlavný toroid ATLAS

Magnet	State	I / A	Polarity	06-11-10 22:05:57
ALICE solenoid	IDLE	30000.02	negative	
ALICE dipole	IDLE	5999.98	negative	
ATLAS solenoid	IDLE	7730.00	no polarity switch	
ATLAS toroid	IDLE	20400.00	no polarity switch	
CMS solenoid	IDLE	18164.00	no polarity switch	

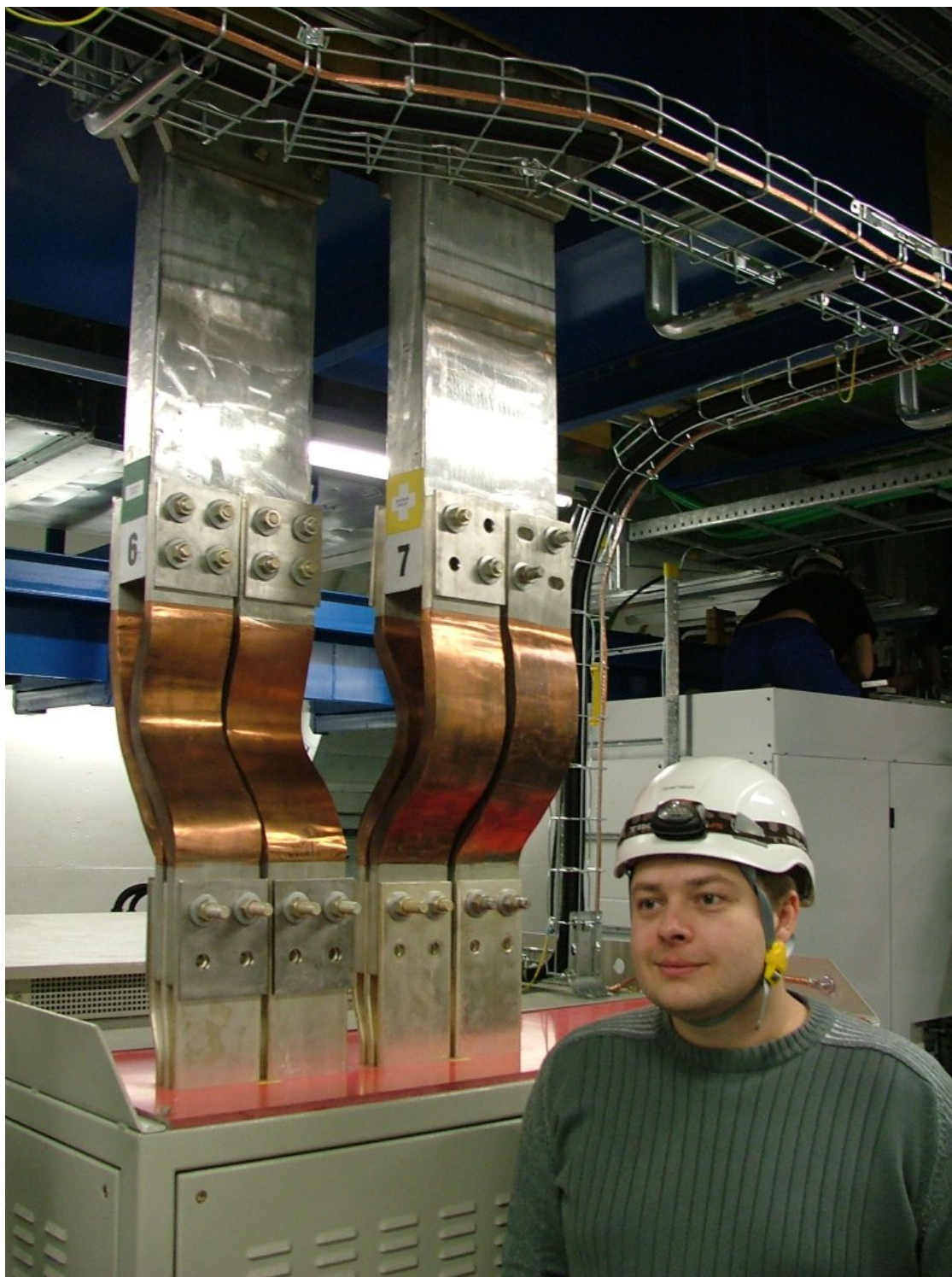


Stav možno sledovať naživo na <http://op-webtools.web.cern.ch/op-webtools/vistar/vistars.php?usr=LHCEXPMAG>

Hlavný toroid ATLAS



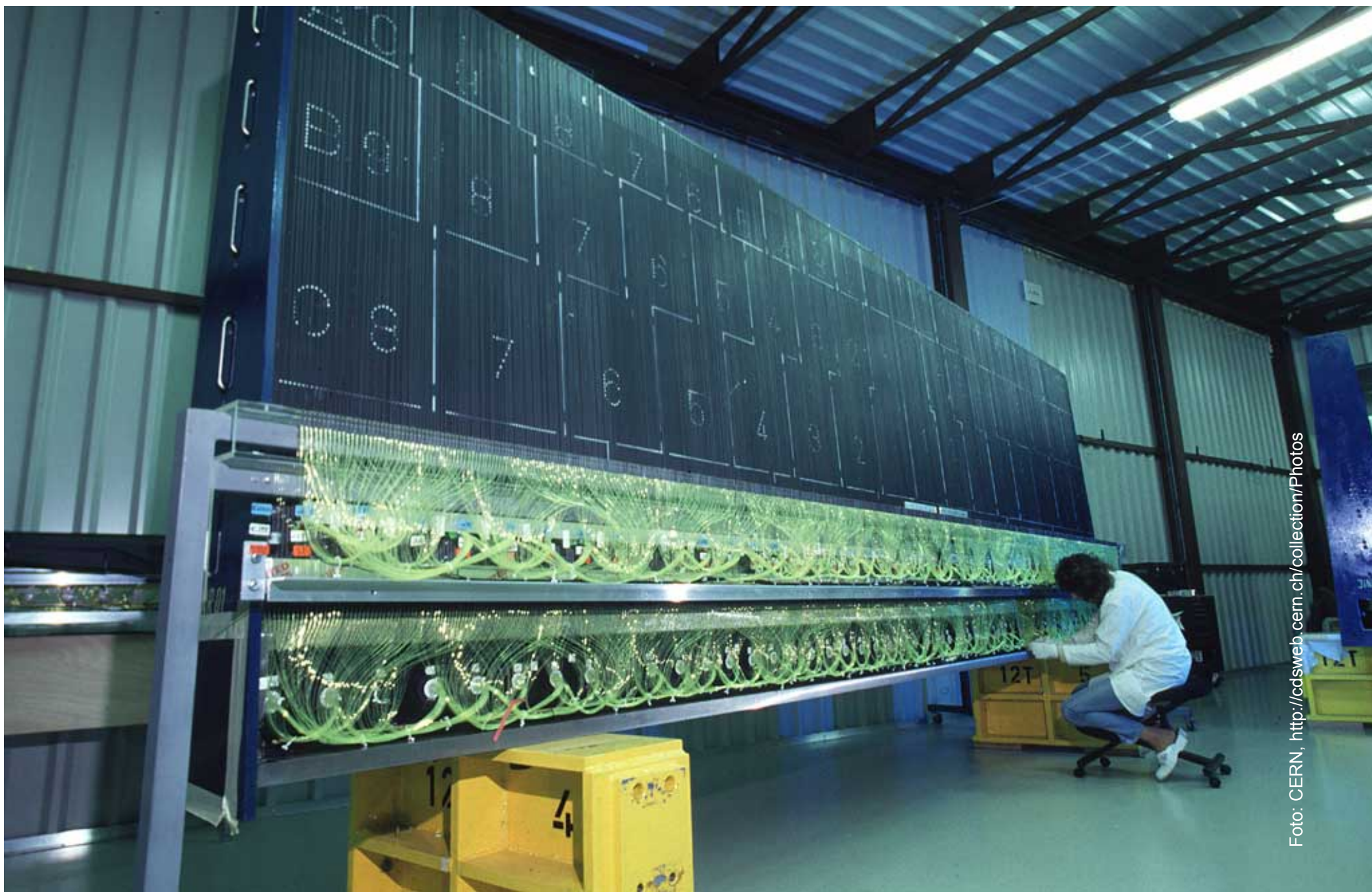
Zdroj, odpojovač a prívodné
zbernice prúdu 20kA pre
hlavný toroid ATLAS



Vo vnútri solenoidu ATLAS



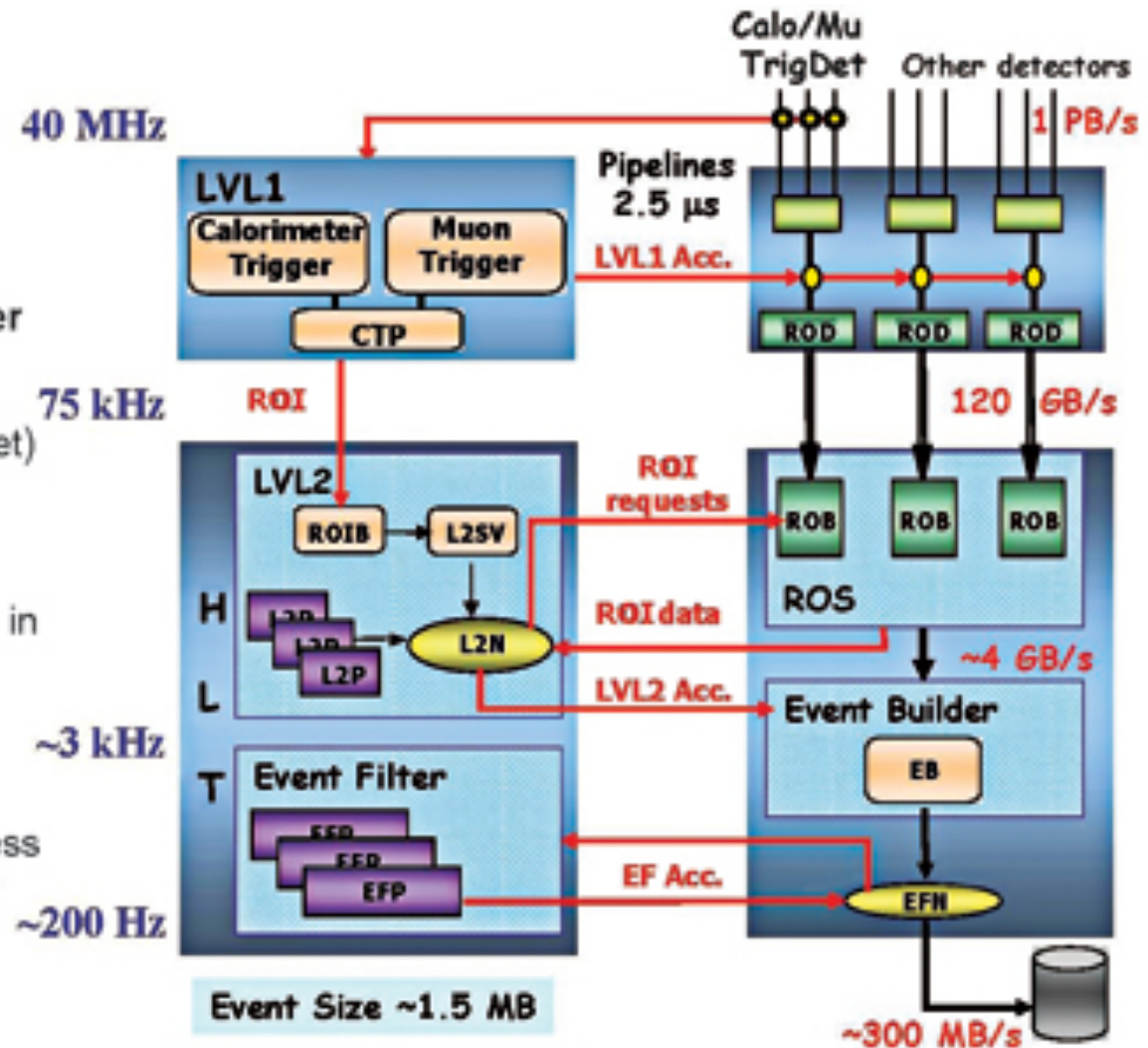
Scintilátory kalorimetra ATLAS



Detektory častíc

- Každý detektor v LHC generuje každých 25ns gigabajty dát...
- Niekoľko úrovní triggerov filtruje fyzikálne nezaujímavé udalosti
 - Muónové detektory a kalorimetre spúšťajú vyčítavanie dát z vnútorných detekčných elementov (Level 1). Potrebné asi $2\mu\text{s}$ na rozhodnutie či sú dáta potenciálne zaujímavé
 - Potenciálne zaujímavé dáta putujú do farmy ca. 1000 PC sediacej tesne vedľa detektora ktorá z nich ďalej filtruje potenciálne zaujímavé dáta (Level 2). Na rozhodnutie potrebných ca. 10ms
 - Dáta zredukované na ca. 1000 udalostí za sekundu sa potom prenášajú do výpočtového centra na permanentné uloženie a podrobnú analýzu

- Level 1
 - Hardware based
 - Coarse granularity calorimeter and muons only
- High Level Trigger (HLT)
 - Level 2 and Event Filter
 - Software based
 - Mostly commodity hardware (PC + Ethernet)
- Level 2 (L2)
 - Data requested from ROBs over network
 - Full detector granularity in ROIs
 - Special fast algorithms
- Event Filter (EF)
 - Seeded by L2
 - Potential full event access
 - Full detector granularity
 - Offline algorithms



Paul G. Schreier: Sensors and Instrumentation Of the Superlative Class

<http://www.evaluationengineering.com/index.php/solutions/instrumentation/sensors-and-instrumentation-of-the-superlative-class.html>

Spracovanie dát

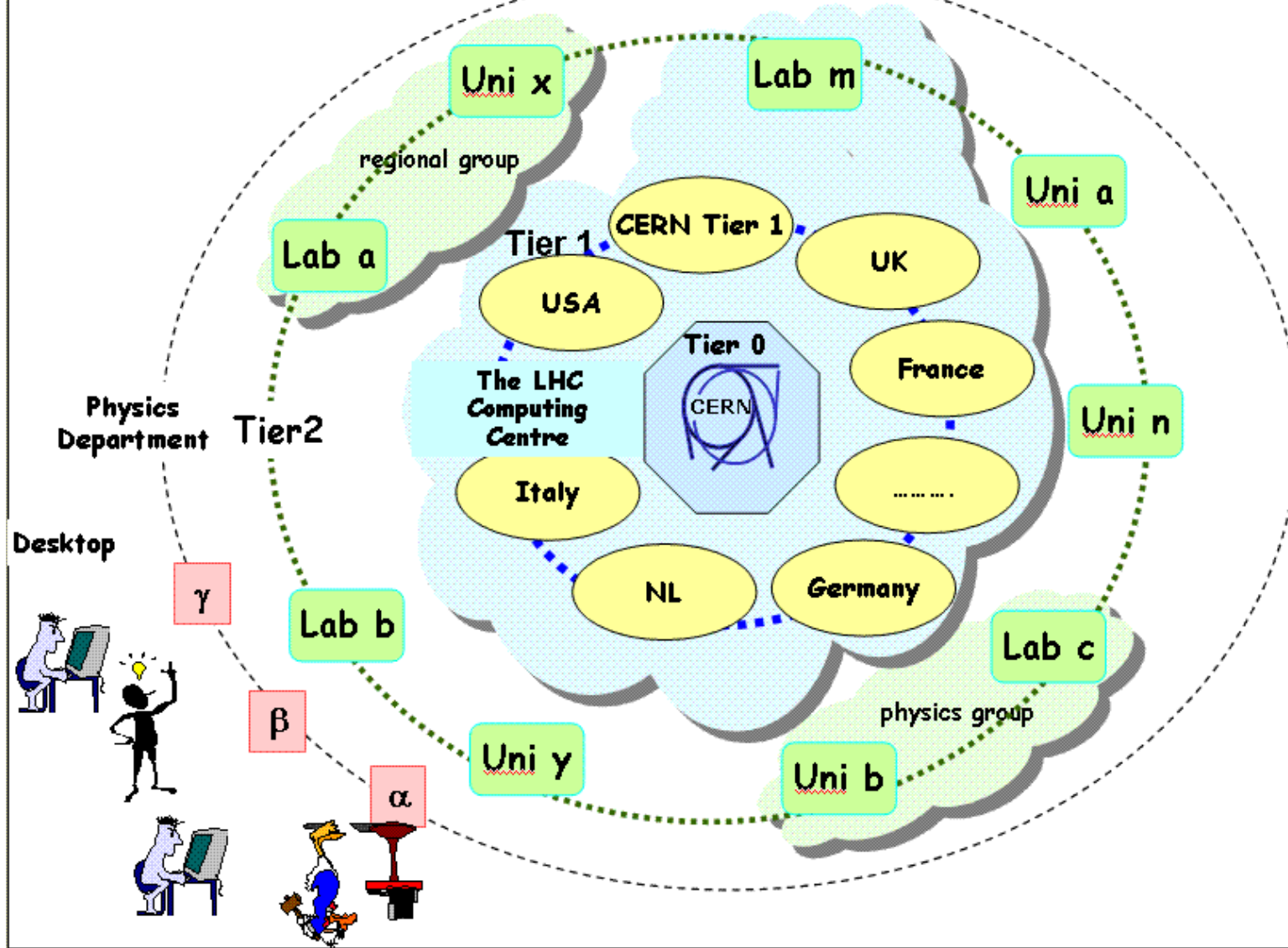
- Štyri hlavné experimenty LHC vyprodukujú ročne 15 Peta Bajtov fyzikálne zaujímavých dát, ktoré sa musia permanentne uložiť a spracovať
- Dáta sa prenášajú z experimentu do výpočtového centra
- Tu sa ukladajú na diskové servery (50 000 diskov, ~15 PB) a postupne zapisujú na pásky (celková kapacita 40 PB)
- Uložené dáta sa potom rozdeľujú rôznym výpočtovým centráram na podrobné spracovanie

Spracovanie dát

- Výpočtové centrum v CERNe má ca. 18 000 CPU a je dimenzované na uloženie dát z jedného roka behu LHC*
- Spracovávanie dát z LHC možné jedine vďaka distribuovanej výpočtovej kapacite po celom svete (GRID), CERN je jeho hlavný uzol (TIER0)
- CERN je pripojený 10Gbps linkami do 11-tich TIER1 centier v celom svete
- Celkový výpočtový výkon v ráde $>100\,000$ CPU

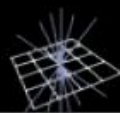
* tieto parametre sa neustále vyvíjajú

LHC Computing Model





Imperial College
London



GridPP
UK Computing for Particle Physics

22:58:33 UTC

Running 68003, Scheduled 32372

GRID Real Time Monitor

<http://rtm.hep.ph.ic.ac.uk/webstart.php>

Stará PC farma (1300 procesorov)



Pohľad na novú časť výpočtového centra (2008)



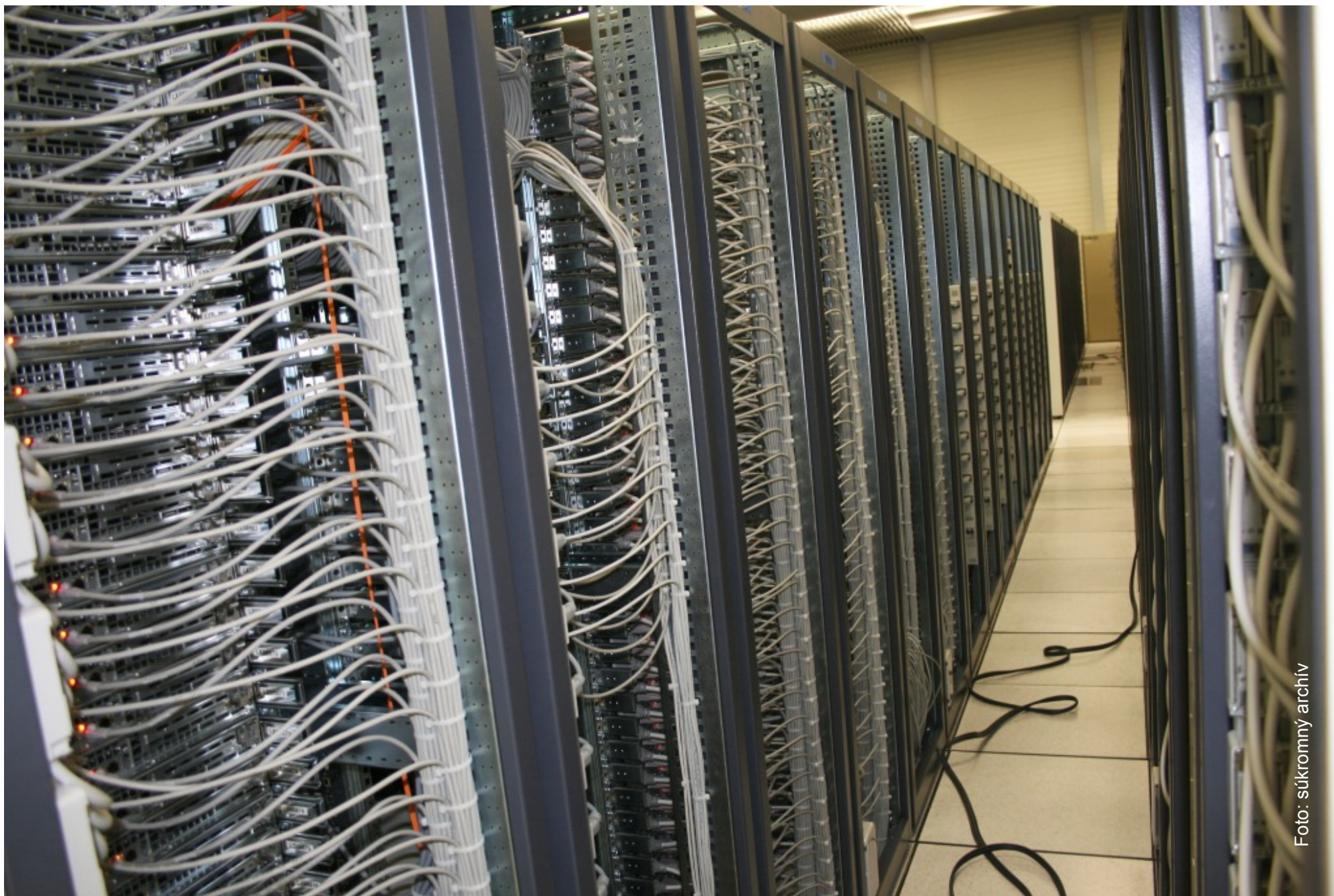
Pohľad na novú časť výpočtového centra (2008)



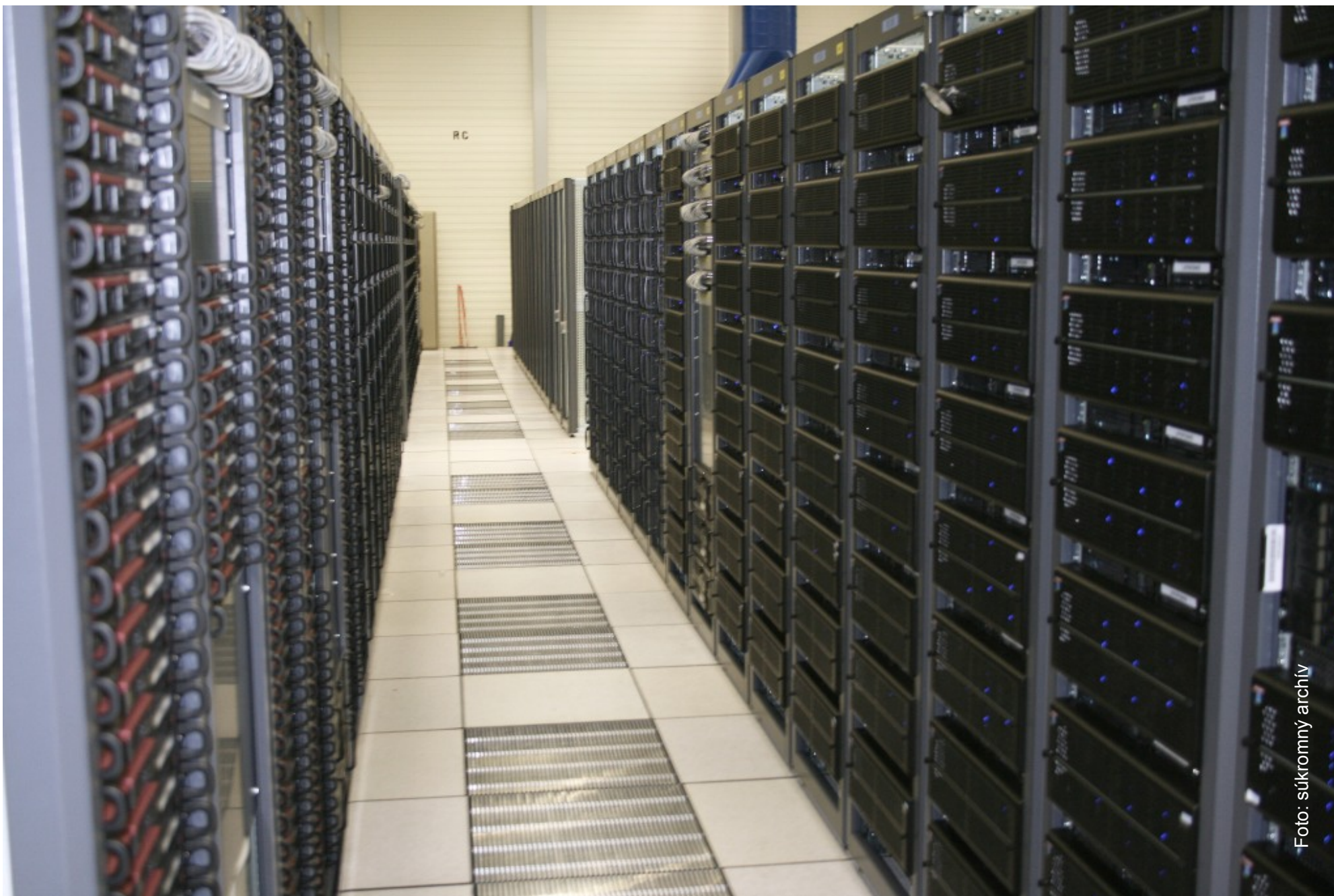
Pohľad na časť počítačového centra (2010)



Moderné počítače vysokej hustoty



Počítače a diskové servery (2008)



10Gbps sieťová infraštruktúra (foto z 2008)

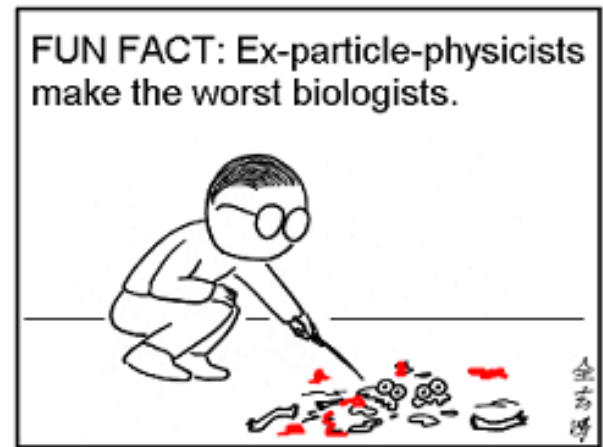
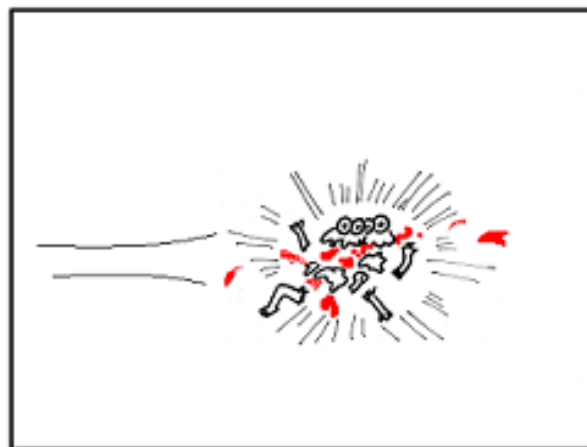
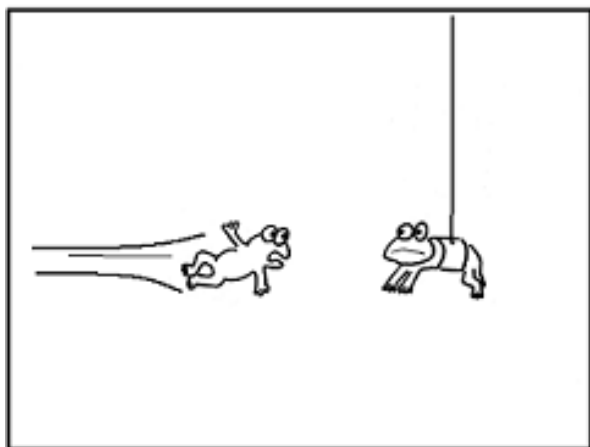
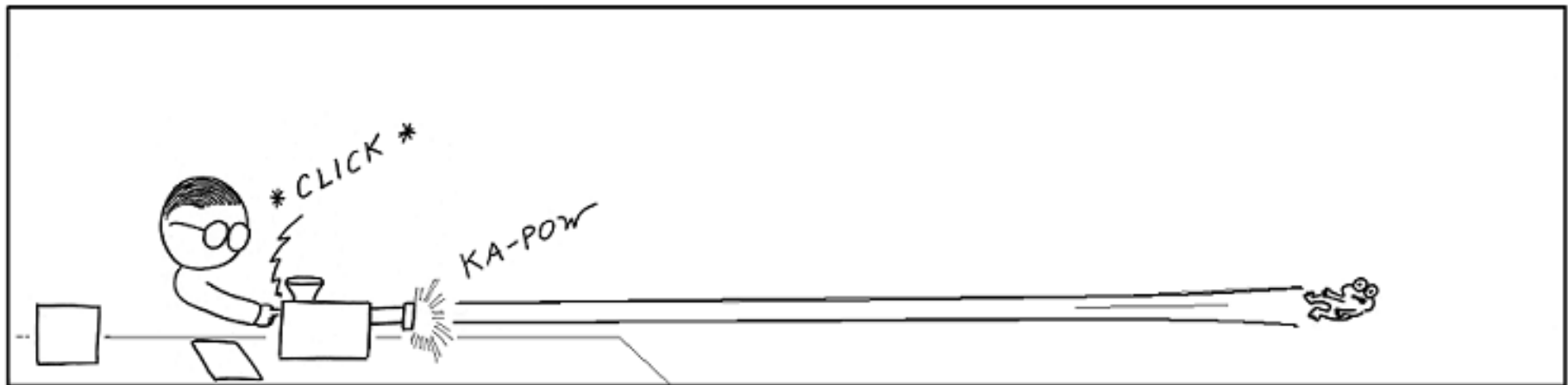
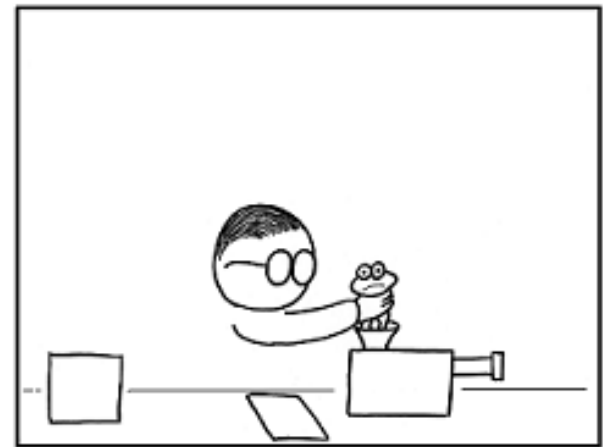
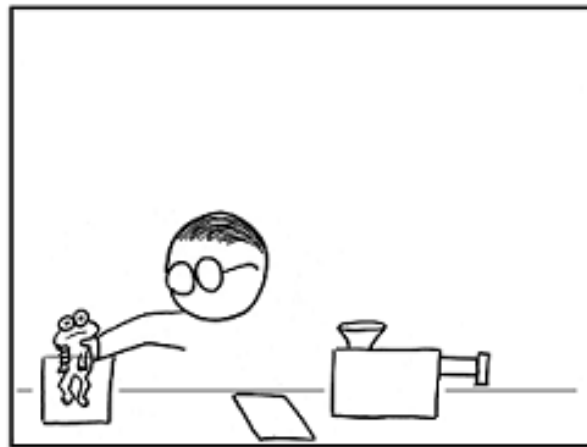
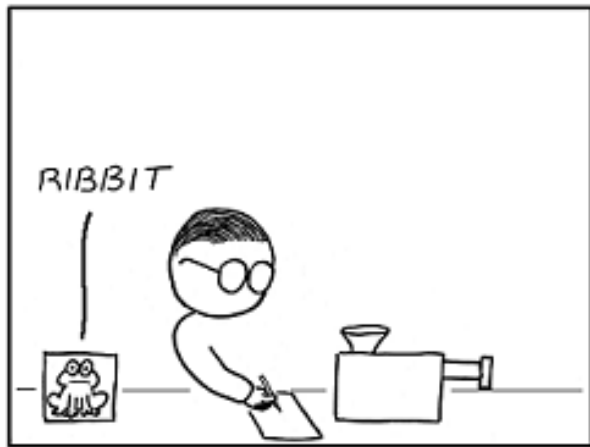


Páskový robot IBM, kapacita 5 PB

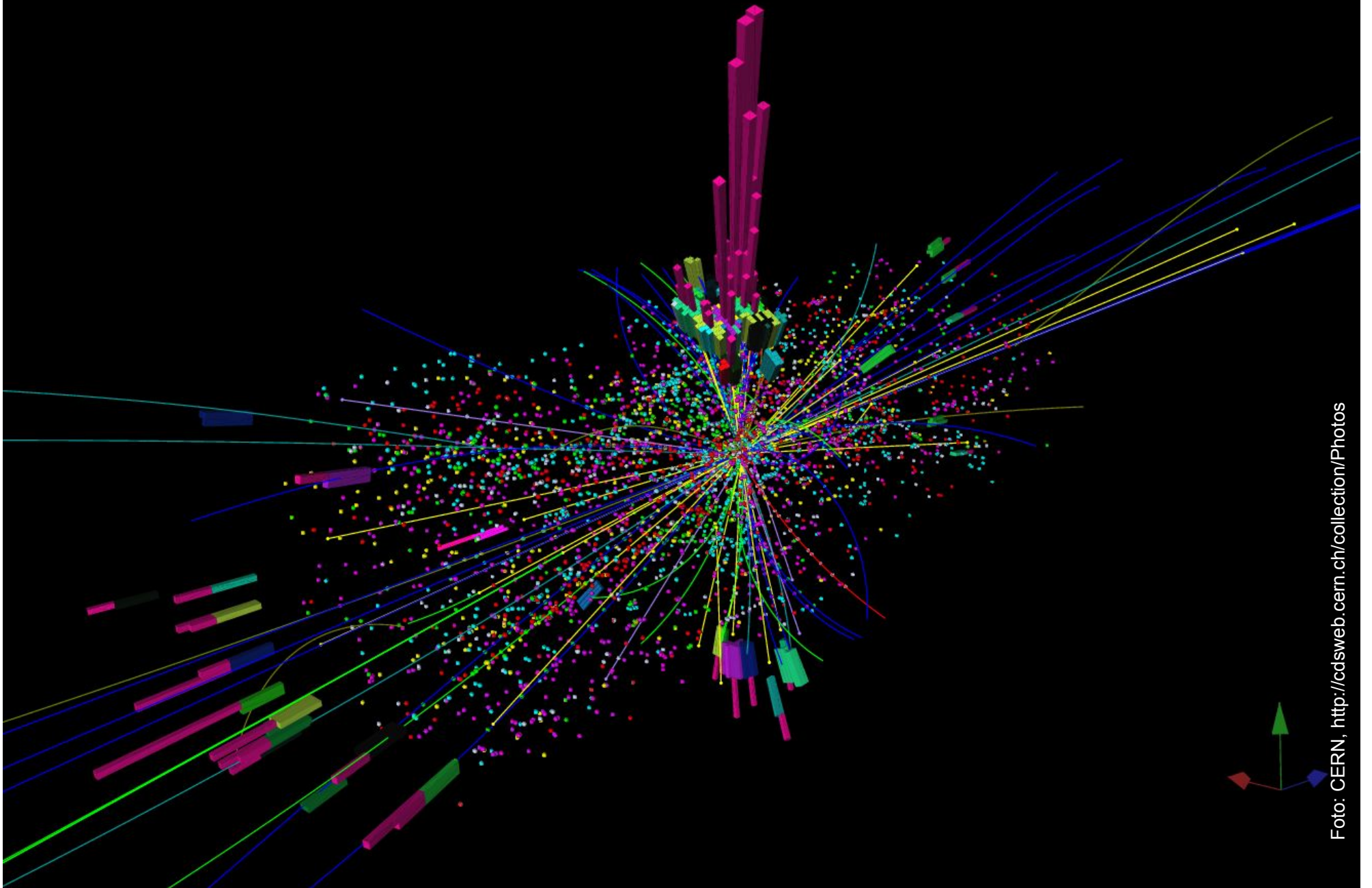


Zásobníky s kazetami a manipulačné ramená





Koniec prvej časti seminára



Na záver prvej časti malý didaktický experiment...

- Nainjektujeme „protón“ do „urýchľovača“ a udelíme mu kinetickú energiu
- Necháme ho naraziť do pevnej prekážky („fixed target experiment“)
- „Detektor“ pozbiera produkty zrážky a odovzdá ich „výpočtovému gridu“ na spracovanie a identifikáciu
- „Fyzik“ dáta rozanalyzuje a určí z čoho bol náš protón zložený

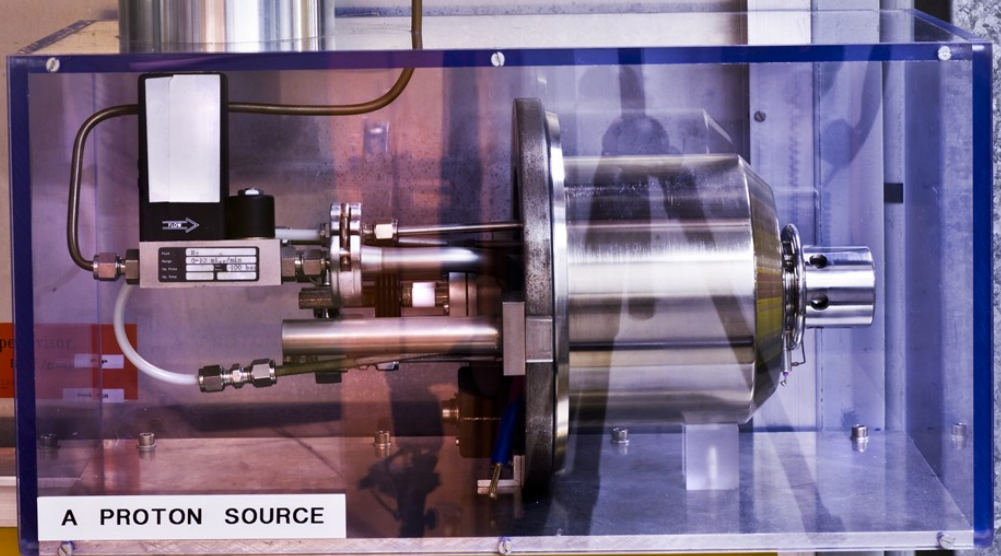




**Peter Higgs visits the ATLAS experiment, which may find the elusive Higgs boson
04 Apr 2008**

PREINJECTEUR LINAC 2

ATTENTION
HAUTE TENSION
HIGH TENSION
100 kV DANGER



A PROTON SOURCE

Flammable gas - Gaz inflammable



Preparation for injection in the LINAC 3 of the LEAD source material used to create heavy ions for the LHC.